FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Optimização do Processo de Reprocessamento de Memórias Não-Conformes

Ana Isabel Lima Fernandes

Dissertação realizada sob orientação de:

Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro

do departamento de Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica

e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Outubro 2008

CANDIDATO	Ana Isabel Lima Fernandes	Código 020508006
Título	Optimização do Processo de Reprocessamento de Memórias Não-Conformes	
Data	29 de Outubro de 2008	
Local	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Sala Ponto de Encontro da Biblioteca - 16:30 h	

Júri	Presidente Professor Doutor Manuel Fernando Gonçalves Vieira	DEMM/FEUP
	Arguente Professor Doutor Rui Manuel Sá Pereira Lima	DPS/UMINHO
	Orientador Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro	DEMM/FEUP

"No mundo actual não são os peixes grandes que comem os pequenos, são os mais rápidos que comem os mais lentos" [1]

Resumo

Este trabalho de projecto foi desenvolvido no departamento de Gestão da Qualidade, da Qimonda Portugal, para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Este trabalho teve como objectivo principal o estudo e optimização do processo de reprocessamento de memórias não-conformes, recorrendo-se a ferramentas da qualidade. Este processo, designado *Material Return Notification* (MRN), consiste em recuperar memórias não-conformes que regressam à fábrica (ou seja, eliminar a não-conformidade verificada e expedir o produto final cumprindo as especificações pré-estabelecidas) ou reprocessar memórias que são devolvidas para realizar alguma alteração logística (embalagem, etiquetagem) de modo a satisfazer uma determinada encomenda urgente.

Devido a um aumento considerável no volume de produtos devolvidos para reprocessar, tornou-se imprescindível optimizar o processo de reprocessamento, designadamente reduzir o tempo necessário para a sua execução. O objectivo proposto consistiu em identificar e reduzir as actividades com maior desperdício de tempo, ou seja, redesenhar o processo para reduzir ou eliminar actividades que não acrescentassem valor. Para analisar o processo e as suas interacções (com outros processos) foram caracterizadas todas as etapas (produtivas e não produtivas), actividades e funções de modo a identificarem-se falhas (incluindo as potencias) e consequentemente implementarem-se acções de melhoria. Com recurso à Análise Modal de Falhas e Efeitos (*Failure Mode Effect Analysis* - FMEA) foi possível aplicar medidas correctivas de forma a melhorar e a estabilizar o desempenho global do processo reflectido no indicador: tempo de reprocessamento dos lotes. Durante a realização do FMEA foram analisados 13 modos de falha com RPN superior a 100, tendo-se implementado acções de melhoria de modo a reduzir o risco associado. A partir das acções de melhoria implementadas foi possível obter uma redução do tempo de reprocessamento de 72%, passando-se de um tempo médio de 65 para 19 dias. Esta redução é bastante significativa e permite à empresa cumprir com objectivo estabelecido que consiste no reprocessamento de lotes em 22 dias úteis.

Abstract

This project was developed in the Quality Management department of Qimonda Portugal (QPT) in order to conclude the studies in master degree of Materials and Metallurgical Engineering from the Engineering University of Oporto.

The major task of this internship project was to study and optimize the process of reworked memories recurring to quality tools. The process is defined as Material Return Notifification (MRN) and consists of reworking the nonconformity memory products that return to QPT to be rescreened. The goal is to clean the nonconformity products and sell the product within all pre-established specifications or reprocess the returned product due to any logistical alterations (such as packing and labeling) in order to satisfy an urgent order. Due to a significant increase of returned product to be rescreened it became a priority to analyze the process in order to optimize its performance, particularly reduce the production time. The aim was to identify the non value activities with the higher lead time and try to reduce them, this requires an evaluation of whole process and all its variables. In order to study the MRN process and its interactions with other processes, all of the stages were characterized (productive and non productive), activities and functions. From this analysis, failure modes (including the potential) were identified and improvement actions were taken in order to eliminate or reduce them. This was possible by recurring to the quality tool FMEA – Failure Mode and Effect Analysis. With this it was possible to identify the failure modes and suggest and implement the recommended actions to reduce the effect or eliminate the failure mode. With recommended actions implemented, it was possible to improve the performance of all the process stages, reflecting a huge improvement in reproduction time. According to the policy of the company, only the failure modes with RPN higher than 100 were analyzed and improved. The results reflected a reduction of 72% of the production time, from an average of 65 to 19 days. These results were very important to the company as it allowed a better and quicker response of the MRN process.

Agradecimentos

Queria agradecer, em primeiro lugar, ao meu orientador Eng. Rui Almeida, da Qimonda Portugal, pela dedicação, apoio e total disponibilidade em todas as fases do trabalho. Não poderia deixar de agradecer também a todos os elementos do departamento da Qualidade, em especial aos elementos da secção de teste, pela forma como me acolheram e pelos conhecimentos transmitidos, que de certo modo contribuíram activamente para o sucesso deste trabalho.

Queria agradecer à minha orientadora, professora Laura Ribeiro, da FEUP, pela sua orientação, experiência e ajuda imprescindível demonstrada ao longo de todo o trabalho, nomeadamente na correcção e discussão dos resultados obtidos.

Um agradecimento especial à minha família pelo seu apoio incondicional e constante ânimo em todas as fases da minha vida, sem eles nada disto era possível.

Aos meus amigos, pela amizade demonstrada e apoio incansável em todas as minhas decisões.

Índice

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Melhoria contínua de processos com recurso a ferramentas da qualidade….....1

1.2. Trabalho de projecto na Qimonda Portugal, QPT…….....4

1.3. Aplicação da Análise Modal de Falhas e Efeitos na melhoria de processos de fabrico (FMEA)……...…….....5

Capítulo 2 – Breve descrição do processo de fabrico e do processo de reprocessamento

2.1. Apresentação da empresa – Qimonda AG 6

2.2. Descrição do processo de fabrico de memórias …….....….7

2.2.1. Operações de montagem …….....9

2.2.2. Operações de teste e avaliação da qualidade do produto final…….....11

2.3. Descrição do processo de reprocessamento de memórias não-conformes….....12

2.3.1. Etapas do processo e responsáveis…….....13

Capítulo 3 – Optimização do processo de memórias não-conformes - Metodologia e Resultados

3.1. Análise das não-conformidades das memórias reprocessadas …….....17

3.1.1. Não-conformidades – definição e plano de reprocessamento…….....18

3.1.1.1. “Logística”.....18

3.1.1.2. “Circuito eléctrico”.....18

3.1.1.3. “Embalamento”.....19

3.1.1.4. “Programas de teste”.....19

3.1.1.5. “Material”.....19

3.1.1.6. “Unidade de memória”.....20

3.1.1.7. “Processo”.....20

3.2. Análise dos tempos de reprocessamento de não-conformidades …….....20

3.3. Metodologia de melhoria utilizada e resultados obtidos …….....23

3.3.1. Exercício de *benchmarking* …….....23

3.3.2. Análise do risco do processo de reprocessamento (FMEA).…….....25

3.3.3. Análise dos tempos de reprocessamento …….....….40

3.3.4. Análise das ferramentas informáticas…….....43

Capítulo 4 – Conclusões ……..…….....…45

Referencias bibliográficas...…….....47

Anexos

Anexo A – Tabelas de resultados de cálculo de tempo de reprocessamento de 25 lotes por operação de reprocessamento

A – 1 – Valores obtidos para a área de inspecção, marcação e embalamento.....48

A – 2 – Valores obtidos para a área de testes eléctricos.....49

Anexo B – Documento FMEA desenvolvido para o processo de reprocessamento de memórias não-conformes na QPT …….....48

Anexo C - Plano de Controlo de Processo (PCP) do processo de reprocessamento de memórias não-conformes na QPT …….....61

Anexo D - Formação dada aos operadores da linha de produção para processar lotes incompletos após separação do lote com quantidade completa …….....64

Nota de edição

Muitos dos termos técnicos utilizados ao longo deste trabalho não têm equivalente em português, apresentando-se traduções aproximadas.

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Melhoria contínua de processos com recurso a ferramentas da qualidade

O conceito de qualidade é extremamente difícil de definir devido à sua subjectividade. Existem inúmeras definições, estando algumas orientadas para a excelência do produto ou serviço com vista à total satisfação do cliente (externo e interno). Segundo a norma ISO 9000:2000, actualmente em vigor em muitas empresas, a definição de qualidade é o grau de satisfação dos requisitos definidos pelo cliente, através de um conjunto de características intrínsecas do produto.

A noção de qualidade sempre existiu, mas a sua percepção e medição foram evoluindo ao longo do tempo devido à industrialização dos países e face a um cenário económico cada vez mais competitivo e concorrencial. A qualidade tornou-se num dos melhores e mais eficazes factores de diferenciação das empresas nos mercados onde operam.

O conceito de "Gestão pela Qualidade Total" (TQM – *Total Quality Management*) surgiu nos anos 1980-90 e é actualmente a filosofia de gestão da qualidade em vigor em muitas empresas bem sucedidas. O TQM encara a qualidade numa perspectiva global, integrando toda a empresa, todas as suas actividades e mobilizando a inteligência de todos os colaboradores. É orientada para a melhoria contínua, visando a satisfação do cliente, ao mais baixo custo, dando ênfase especial às pessoas, à sua formação e ao seu envolvimento com os objectivos da organização [2,3].

Segundo o TQM o objectivo permanente das organizações deverá ser a melhoria contínua dos processos. A melhoria contínua implica o combate incessante ao desperdício, sendo para isso necessário o esforço e envolvimento total da organização, desde os gestores de topo até aos operadores da linha de produção, designadamente, através de intensa formação e treino [3].

O processo de melhoria contínua tem consequências importantes na redução dos custos de uma empresa. Nomeadamente, porque permite identificar e eliminar factores como, por exemplo, um mau serviço a cliente e uma má qualidade de produto que, por sua vez, representam custos elevados para a empresa. Assim, que se quantifica o peso destes factores nos custos internos, percebe-se o quão importante é melhorar os processos de modo a oferecer o melhor produto.

Os custos associados à "má qualidade" são normalmente devidos a dois tipos de problemas: problemas esporádicos e crónicos (ver figura 1) [2,4]. Um problema esporádico é algo que ocorre isoladamente, de fácil detecção, e cuja eliminação consiste em eliminar a

causa que lhe deu origem com recurso a acções correctivas para que tudo regresse à normalidade [4]. Este tipo de problema merece elevada atenção por parte dos responsáveis e requer um controlo de qualidade mais apertado. Por outro lado, um problema crónico é algo que se manifesta há bastante tempo e deve ser encarado como uma oportunidade de melhoria. A estes problemas não lhes é atribuída elevada prioridade porque a eliminação das causas é mais complexa (obriga à implementação de acções preventivas) e difícil de concretizar que no caso dos problemas esporádicos [4].

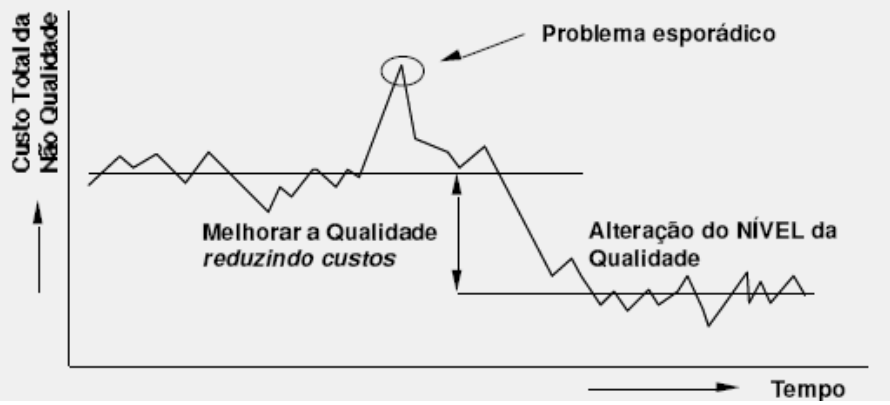

Figura 1 – Problemas de qualidade esporádicos e crónicos [4].

A melhoria contínua deverá focalizar-se na eliminação de ambos os problemas de modo a refinar os processos, reduzindo a sua variabilidade. É necessário analisar os dois tipos de problemas da qualidade, porque a dedicação exclusiva à eliminação de problemas esporádicos conduz a melhorias imediatas, mas não de longo prazo [2,4].

A eliminação dos problemas crónicos, traduz-se numa alteração do nível da qualidade. Os problemas resolvem-se projecto a projecto, com base na recolha e análise de informação objectiva e sempre em equipa (transfuncional), pois é necessário questionar procedimentos enraízados e combater a resistência à mudança [4]. Uma abordagem sistemática de eliminação de problemas da qualidade e que permite a planificação de projectos de melhoria contínua consiste na metodologia de Deming **(PDCA – *Plan, Do, Control, Act*)**. Passa pela fase de planeamento **(P)**, execução/desenvolvimento **(D)**, análise das diferenças entre o que foi planeado e o efectivamente realizado **(C)** e actuação **(A)**. Esta metodologia pode ser repetida ciclicamente até à resolução efectiva do problema [2].

O primeiro passo para iniciar um projecto de melhoria da qualidade consiste em identificar o problema e perceber a sua dimensão e causas e a partir daí escolher as ferramentas a aplicar [2,5]. Para caracterizar o problema procede-se à recolha, tratamento e análise de dados que forneçam informação fidedigna e relevante para a resolução do

problema. As ferramentas básicas da qualidade são normalmente utilizadas na recolha de dados. Estas permitem de uma forma simples e eficaz reconhecer, ordenar e analisar a informação necessária à identificação do problema. De destacar os **fluxogramas de processo –** representam graficamente as etapas de um processo ordenadas de modo sequencial; os **formulários de recolha de dados –** permitem realizar a recolha, tratamento e análise de dados estratificados; os **histogramas de frequências –** ilustram o comportamento de uma determinada variável em termos de tendência central, dispersão e simetria e permitem a análise da capacidade dos processos; os **diagramas de causa-efeito (Ishikawa ou espinha de peixe) –** consistem na apresentação estruturada das origens de um determinado problema e/ou efeito; os **diagramas de Pareto** – estabelecem um critério de prioridade, distinguindo as actividades marginais (80%) das vitais (20%); os **diagramas de dispersão –** permitem caracterizar amostras bivariadas cujos dados são expressos em escalas quantitativas, pondo em evidência a relação existente entre as variáveis envolvidas; as **cartas de controlo de Shewhart –** constituem uma ferramenta de controlo estatístico cujo objectivo fundamental consiste na detecção de causas assinaláveis de variação.

É normal surgir o preconceito de que elevado nível de qualidade é sinónimo de alto custo de produto. Apesar de haver uma noção quase generalizada de que a qualidade é o caminho certo a seguir, a falta de perspectivas de retorno económico a curto prazo, com custos associados no imediato, origina barreiras à implementação de projectos de melhoria da qualidade.

Os custos da qualidade também podem ser usados como uma ferramenta útil no controlo e gestão da qualidade. Os custos da qualidade agrupam-se em classes: **- custo das falhas (internas e externas) do produto**; **- custo de avaliação e medição da qualidade**; **- custo de prevenção** associado à investigação, prevenção e redução de falhas ou defeitos [4]. O custo das falhas do produto é normalmente o mais elevado. A sua redução passa pela melhoria de processos e produtos, ou seja, implementação de acções preventivas que dão origem a melhorias de longo prazo [4].

De acordo com J.M. Juran [4], convém realçar que apenas os custos de prevenção devem ser considerados como custos da qualidade, os outros devem ser designados custos da não-qualidade.

Deste modo, pode-se afirmar que não é com medidas de corte orçamental e de contenção de despesas que se pode melhorar os processos e recuperar clientes. É rara a empresa que aumenta a qualidade e o serviço ao cliente reduzindo os custos. Contudo, as

empresas que melhoram a qualidade e o serviço ao cliente conseguem, a longo prazo, conter os custos e aumentar os lucros [2,4].

O presente trabalho assenta na melhoria do processo de reprocessamento de memórias não-conformes e recorreu-se a algumas ferramentas da qualidade para analisar o processo e identificar as ineficiências do mesmo. O resultado do estudo do processo e a implementação de acções de melhoria serão apresentados nos capítulos 2 e 3. Antes será feita uma breve apresentação da empresa Qimonda, AG e dos objectivos do projecto implementado.

1.2. Trabalho de projecto na Qimonda Portugal, QPT

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um estágio na área da Gestão de Qualidade realizado na Qimonda Portugal (QPT) para conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A duração do estágio foi de dez meses, tendo decorrido entre Setembro de 2007 e Junho de 2008.

A QPT está orientada para a produção em grande volume e quando é detectada alguma não-conformidade, parte do produto poderá já ter sido expedido para outras empresas de *back-end's* onde são incorporados em módulos de memória ou para os centros de distribuição. Nestes casos, de modo a eliminar a não-conformidade detectada é necessário devolver os lotes ao local onde originalmente foram produzidos, para efectuar o devido reprocessamento. Este processo de devolução e reprocessamento do produto não-conforme designa-se por *Material Return Notification* (MRN), tem como objectivo assegurar a eliminação da não-conformidade e o cumprimento das especificações pré-estabelecidas e é da responsabilidade do departamento da qualidade.

Este trabalho de projecto teve como objectivo principal o estudo e a optimização do processo de reprocessamento de componentes de memórias DRAM não-conformes, recorrendo-se a ferramentas da qualidade.

Devido a um aumento considerável no volume de produto final devolvido à QPT para reprocessar tornou-se imprescindível optimizar este processo, designadamente reduzir o tempo necessário para a sua execução. Com recurso à Análise Modal de Falhas e Efeitos (do inglês, *Failure Mode Effect Analysis* - FMEA) foi possível aplicar medidas correctivas de forma a reduzir o risco, melhorar e a estabilizar o desempenho do processo.

1.3. Aplicação da Análise Modal de Falhas e Efeitos na melhoria de processos de fabrico (FMEA)

Para as organizações desenvolverem processos de melhoria contínua é necessário que utilizem ferramentas da qualidade. As ferramentas básicas da qualidade são muito eficazes na recolha, análise e tratamento da informação necessária para caracterizar os problemas, designadamente, permitem de uma forma simples, identificar as causas desses problemas. Estas ferramentas são aplicadas de uma forma rotineira na esmagadora maioria das empresas japonesas, bem como num elevado número de empresas norte americanas e europeias. Para além das ferramentas básicas, existem outras ferramentas da qualidade mais sofisticadas que também podem ser aplicadas na melhoria contínua do desempenho e optimização dos processos de fabrico. É o caso da ferramenta escolhida no desenvolvimento deste trabalho, o FMEA. Esta ferramenta foi seleccionada porque era a mais adequada ao objectivo proposto: optimização do processo de reprocessamento de memórias não-conformes.

FMEA – *Failure Mode Effect Analysis*

O FMEA surgiu nos finais dos anos 60 associado à resolução de problemas de fiabilidade da indústria aeroespacial norte americana e mais tarde, nos anos 80, foi adoptado pela indústria automóvel. A primeira empresa a adoptar esta ferramenta da qualidade foi a Ford, após identificar no modelo Ford *Pinto* um defeito no tanque do combustível que causava fugas e podia provocar um incêndio após um acidente [6]. Mais tarde, começaram a surgir aplicações na Europa, nomeadamente na Renault a partir de 1982. Pode-se definir, resumidamente, que o FMEA é uma ferramenta que possibilita o estudo dos modos de falhas potenciais que podem ocorrer num processo ou num produto. Possibilita determinar o seu efeito provável e implementar acções de melhoria de modo a eliminar o modo de falha [7, 8]. Esta ferramenta é particularmente adequada para a melhoria da qualidade através de acções preventivas. Um caso interessante é apresentado por Li e Zuo [9] que estudaram a optimização da operação *die bonding* (etapa do processo produtivo das memórias DRAM). Resumidamente, esta operação consiste em retirar o circuito eléctrico da *wafer*, transferi-lo e colá-lo num substrato que serve de suporte à unidade de memória. Esse movimento é executado por um braço mecânico que tem de executar a deslocação sem desvios, porque um circuito eléctrico mal colocado no substrato inutiliza a unidade de memória. Estes investigadores estudaram o processo com o objectivo de eliminar as ineficiências desta operação. Começaram por dividir o processo em três etapas e identificaram modos de falhas e seus efeitos com recurso à ferramenta FMEA. Foi possível a partir da utilização desta

ferramenta identificar cinco modos de falha críticos. Após as análises e experiências necessárias, foram feitas alterações ao equipamento de modo a reduzir o desalinhamento do braço mecânico. No final, conseguiram reduzir em 30% os circuitos eléctricos com desalinhamento.

Outro exemplo de aplicação do FMEA é o caso apresentado pela Intel [10] na identificação e eliminação da contaminação pelo tungsténio do processo de deposição CVD (*Chemical Vapor Deposition*) utilizado no fabrico de *wafers*. O FMEA permitiu identificar duas causas principais neste modo de falha: a posição da *wafer* no equipamento e o fluxo de gás activo na superfície da *wafer*. As acções definidas permitiram aumentar a uniformidade do revestimento e diminuir a ocorrência de um defeito em 25 *wafers* para um defeito em 150 *wafers*.

A Qimonda aplica o FMEA em todas as fases do processo produtivo. O FMEA é usado como ferramenta de prevenção e que permite analisar em detalhe todos os modos de falha potenciais associados aos processos e determinar o nível de risco associado a cada um desses modos de falha. No decorrer desta actividade, são identificadas acções que permitem a redução dos níveis de risco identificados, quer pela redução da ocorrência (eliminando as causas dos modos de falha potenciais identificados prevenindo a sua ocorrência), quer pelo aumento da detectabilidade. Como resultado desta actividade são efectuadas as actualizações dos respectivos Planos de Controlo de Processo, de forma a incorporarem os controlos definidos para a detecção dos modos de falha potenciais (o mais próximo possível da ocorrência). Esta metodologia foi adoptada durante a aplicação do FMEA ao processo de reprocessamento de memórias não-conformes de forma a melhorar o mesmo. A aplicação da ferramenta e as melhorias obtidas são apresentadas no capítulo 3.

Capítulo 2 – Breve descrição do processo de fabrico e do processo de reprocessamento

Neste capítulo é realizada uma breve apresentação da empresa Qimonda e de seguida uma descrição do processo produtivo das memórias e do processo de reprocessamento de memórias não-conformes, de forma a esclarecer conceitos relativos a ambos os processos.

2.1 Apresentação da empresa – Qimonda, AG

A Qimonda AG é uma empresa multinacional alemã fundada em Maio de 2006. A Qimonda surge após o realinhamento estratégico da empresa Infineon Technologies AG, a qual também tinha surgido a partir duma reestruturação da empresa Siemens AG. O nome

"Qimonda" tem como significado *chave para o mundo* (*key to the world*), "Qi" tem o som semelhante a *key* – chave – e "monda" tem origem na palavra latina *mundus*.

A Infineon Technologies AG abrangia três grandes áreas de mercado de produtos de semicondutores. Os semicondutores para a industria automóvel - AIM (*Automotive Industrial & Multimarket*) – os semicondutores para aplicações em comunicação - COM (*Communication Solutions*) – e os produtos de memória - MP (*Memory Products*). A estratégia da empresa foi isolar uma área de mercado, os produtos de memórias DRAM, e criar uma empresa independente, a Qimonda AG. O anúncio da separação deu-se em Novembro de 2005 tendo sido efectuada legalmente em Maio de 2006.

A Qimonda tem sede em Munich, Alemanha, e está presente em três continentes: Europa, América e Ásia. As empresas Qimonda estão divididas em empresas de produção de f*ront-end* (FE) e de produção de *back-end* (BE). Isto é, as empresas de *front-end* produzem as *wafers* (bolachas de silício - matéria prima para a produção de memórias) e as empresas de *back-end* transformam as *wafers* em circuitos integrados (memórias DRAM).

A Qimonda Portugal (QPT) é uma empresa de *back-end*. Para além do investimento no sector de fabricação, tem cada vez mais apostado no desenvolvimento de novas soluções de produção e desenvolvimento de novos produtos, exemplo disso é a crescente área de investigação e desenvolvimento (I&D). A QPT localiza-se na zona industrial de Mindelo, Vila do Conde, e actualmente tem uma área de 22 000 m^2 dos quais 17 000 m^2 são área de produção em sala limpa. Neste momento a QPT conta com mais de 2000 colaboradores, sendo deste modo:

- a maior fábrica de montagem e teste de produtos de memória da Europa;
- a maior fábrica de *back-end* do grupo Qimonda AG;
- o maior exportador a nível nacional;
- o segundo maior investimento estrangeiro em Portugal.

2.2 Descrição do processo de fabrico de memórias

A QPT, tal como referido anteriormente, é uma fábrica de *back-end* que recebe as *wafers* produzidas noutras empresas do grupo e as transforma em unidades de memória DRAM.

O processo produtivo de uma fábrica de *back-end* pode ser dividido em duas grandes etapas: a primeira, engloba todas as operações de montagem - *Assembly Operations* (AO) - e a segunda consiste no teste e avaliação da qualidade do produto final - *Test Operations* (TO). A figura 2 representa as principais etapas do processo produtivo actual e do anterior a

2006 da QPT. Até 2005, a QPT apenas tinha unidade produtiva de *back-end*, ou seja, montagem e teste das unidades de memória. Contudo, por uma questão de estratégia de negócio foi decidido criar na QPT dois processos de *front-end*, o teste das *wafers* e o processo de produção de unidades de memória com dois circuitos eléctricos sobrepostos (*ReDistribution Layer* - RDL).

O processo produtivo na QPT pode ter início nas operações de montagem, na área de teste da *wafer* ou na área de RDL. O que define a primeira etapa de produção é o lote de *wafers* recebido de *front-end*, que pode ser:

- lotes de *wafers* sem teste final – processo produtivo inicia-se em *wafer test* onde se realiza a última etapa do processo produtivo de *front-end.;*
- lotes de *wafers* para montagem de unidades de memória com dois chips e com teste final – processo produtivo inicia-se em RDL;
- lotes de *wafers* testados – processo produtivo inicia-se nas operações de montagem (AO).

Posteriormente ao processo de teste das *wafers* e RDL os lotes de wafers podem seguir processo produtivo na QPT ou noutro *back-end* do grupo.

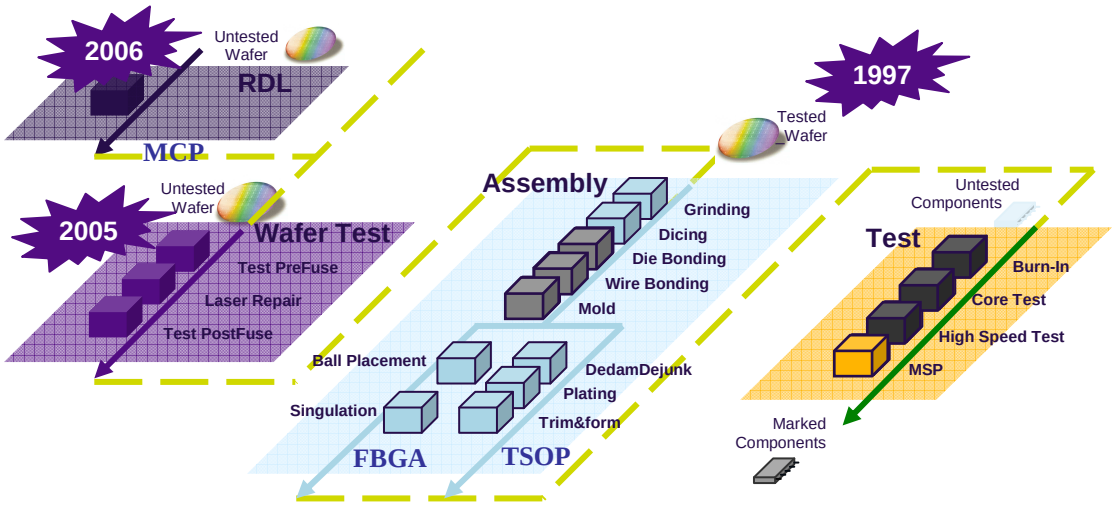

Figura 2 – Representação do processo produtivo na QPT. Etapas de produção desde a recepção e transformação da *wafer* até à marcação das unidades de memória [11].

A QPT produz memórias com três tipos de tecnologias diferentes (TSOP - *Thin Small Outline Package*, FBGA – Finepitch Ball Grid Array e MCP - *Multi Chip Package*) que resultam de operações de montagem distintas.

O produto TSOP é o mais tradicional das memórias DRAM, possui pinos externos através dos quais se realizam as ligações do circuito eléctrico na aplicação final, por exemplo em módulos de memória para computadores. Neste momento, a QPT é a única empresa do

grupo a produzir tecnologia TSOP. A tecnologia FBGA é mais recente (desde 2002), o produto FBGA tem dimensões mais reduzidas e os contactos eléctricos estabelecem-se através de bolas de solda existentes na parte inferior da unidade de memória. A tecnologia MCP (*Multi Chip Package)* existente na QPT desde 2006, baseia-se na tecnologia FBGA e caracteriza-se pela sobreposição de dois circuitos eléctricos no mesmo dispositivo, o que permite duplicar a capacidade da memória, mantendo praticamente as mesmas dimensões de um produto FBGA.

2.2.1 Operações de montagem

As operações de montagem têm como objectivo transformar a *wafer* em unidades de memória singularizadas. O processo inicia-se na operação de pré-montagem que visa diminuir a espessura da *wafer* (*griding*), colocá-la numa armação de transporte (*frame*) e por último seccioná-la (*dicing*) de modo a que todos os circuitos que a constituem fiquem individualizados, tal como é representado na sequência de imagens da figura 3 [12].

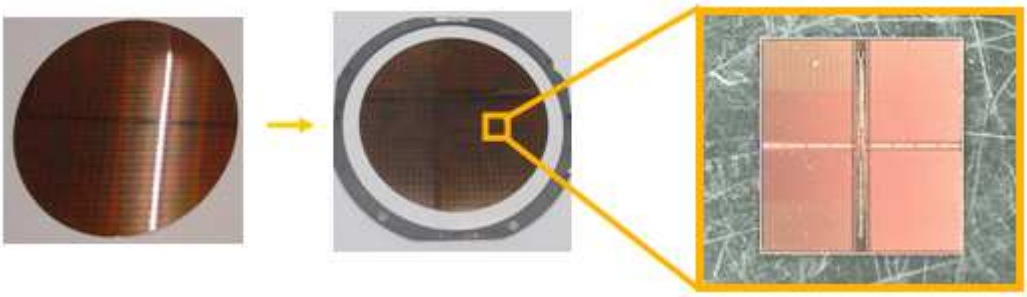

Figura 3 - Preparação da *wafer* para possibilitar o corte dos circuitos [11].

As operações seguintes (*Die Bonding* e *Wire Bonding)*, consistem em retirar os circuitos da *wafer*, colá-los num suporte e posteriormente realizar a ligação entre os contactos do circuito e o respectivo suporte. A ligação é realizada por fio de ouro de elevada pureza (99,9%) que garante uma excelente condução eléctrica. Na figura 4 pode-se observar o equipamento onde são realizadas as ligações eléctricas [11, 12].

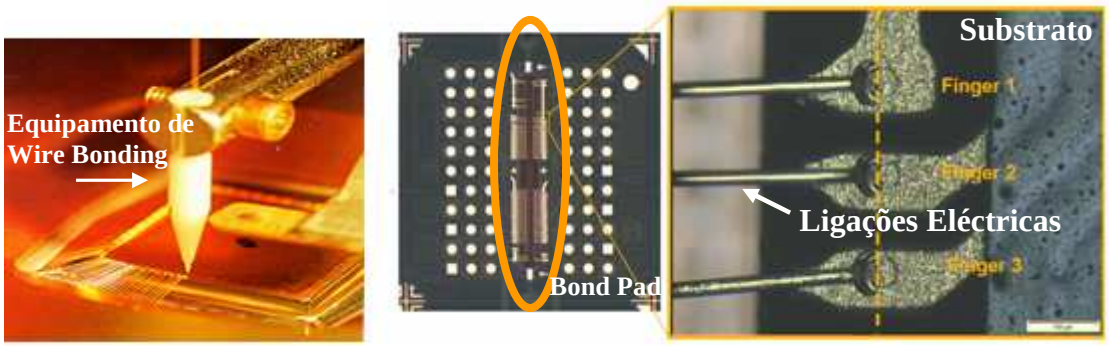

Figura 4 – Operação de *Wire Bonding* e ligações eléctricas no produto FBGA [11].

Terminada a fase de montagem do circuito no suporte, a etapa seguinte consiste em encapsular o circuito e respectivos contactos eléctricos numa resina *epoxy*. O encapsulamento da unidade de memória é feito por injecção com pressão e temperatura controladas, de modo a que a resina preencha todos os espaços livres dentro do molde (ver figura 5) [11, 12].

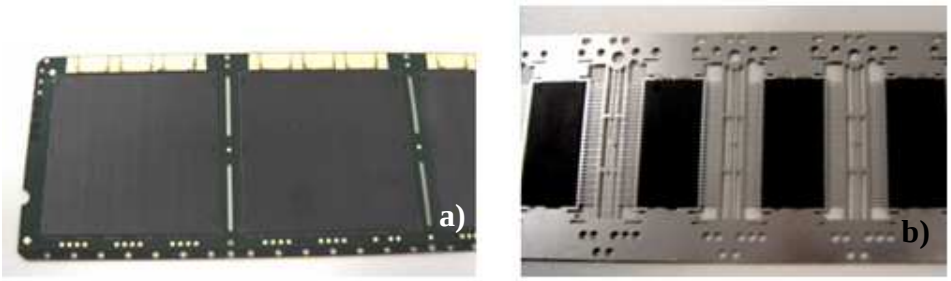

Figura 5 – Produto FBGA (a) e produto TSOP (b), após encapsulamento [11].

Após esta operação, as memórias TSOP e FBGA seguem processos de montagem independentes uma vez que os contactos eléctricos externos são distintos. As memórias TSOP são sujeitas a três operações que têm como objectivo principal remover qualquer excesso de resina e revestir os pinos de modo a protegê-los de oxidações.

As memórias FBGA são sujeitas a duas operações, na primeira é realizada a colocação das bolas de solda (desempenham a mesma função que os pinos nas memórias TSOP) na parte inferior do substrato, na segunda operação os substratos são submetidos a um processo de corte que individualiza as unidades de memória.

Após as operações de individualização, as unidades são colocadas em tabuleiros de transporte de modo a passar para as operações de teste (ver figura 6). No final das operações de montagem, a unidade de memória fica encapsulada, ou seja, os circuitos eléctricos e os contactos eléctricos ficam protegidos do contacto com a atmosfera. Consequentemente, a pureza do ar das salas onde são realizadas as operações seguintes é menor, passando de 10 000 partículas para 100 000 partículas em suspensão por pé cúbico.

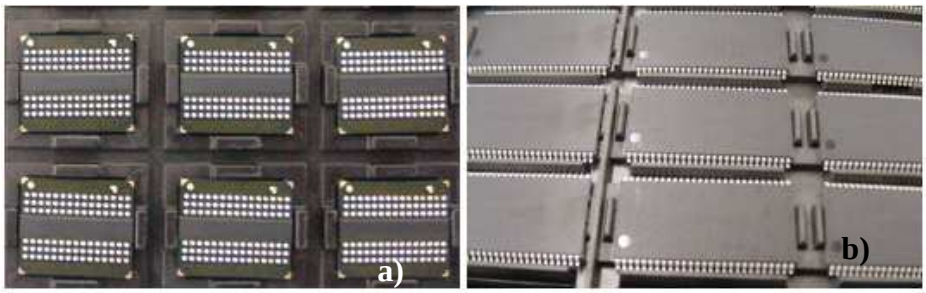

Figura 6 – Produtos finais em tabuleiros de transporte; a) FBGA e b) TSOP) [11].

O controlo de qualidade é realizado ao longo de todo o processo de montagem através de inspecções visuais, medições de parâmetros (espessura da *wafer*, precisão do corte dos

circuitos, etc.), análises a raios-X (permite detectar determinados tipos de defeitos, tais como cavidades internas no encapsulamento da unidade de memória) e testes mecânicos (por exemplo, resistência mecânica do fio de ouro e da soldadura do fio).

2.2.2 Operações de teste e avaliação da qualidade do produto final

Na área de teste as unidades de memória são submetidas a uma série de testes eléctricos para simular as condições externas de serviço e o funcionamento da memória ao longo do tempo.

A primeira fase do teste é designada B*urn In* (ver figura 2) que consiste em submeter as unidades de memória a um envelhecimento com a finalidade de detectar prematuramente falhas nas unidades, ou seja, no início da sua vida útil. O processo de envelhecimento consiste em sujeitar as unidades a ciclos térmicos com estágios a uma determinada temperatura e que podem durar entre uma a várias horas. Posteriormente as unidades são sujeitas a vários testes eléctricos. Estes testes permitem separar as unidades não funcionais (que são rejeitadas) das funcionais que seguem para a operação *Core Test*. Nesta operação as unidades são sujeitas a uma série de testes eléctricos (para verificar todas as especificações de funcionamento) realizados a diferentes temperaturas. Os resultados permitem triar e classificar as unidades em dois grupos. O grupo das unidades que cumprem todos os requisitos eléctricos de qualidade da Qimonda – QC – e o grupo das unidades não-conformes com os requisitos eléctricos – NC. As unidades do primeiro grupo são ainda classificadas em três sub níveis de qualidade (QC-L, QC-F e QC-C) aos quais correspondem especificações diferentes. As unidades NC também são classificadas em três sub níveis: NC-T (produtos testados electricamente), NC-U (produtos não testados), e NC-P (produtos com teste parcial).

O último teste efectuado, *High Speed Test*, faz a separação dos componentes funcionais em diferentes categorias de velocidade.

A etapa seguinte, *Mark Scan & Pack*, consiste em inspeccionar a forma e as dimensões de todas as unidades e marcá-las com o logótipo “Qimonda”, o código do produto, a velocidade da memória e a data da semana de produção (ver figura 7). Estes dados garantem a rastreabilidade das unidades.

No final desta etapa é realizada uma inspecção a 100% dos parâmetros dimensionais das unidades. O objectivo é verificar a existência de imperfeições nos pinos (nas unidades TSOP), dimensões e posicionamento das bolas de solda (nas unidades FBGA) e a presença de deformações geométricas na superfície das unidades.

Figura 7 – Exemplos de unidades marcadas [11].

Posteriormente, as unidades são embaladas em uma fita plástica (*carrier tape*) e tapadas com uma película transparente. A fita e a película são termosoldadas, uma à outra e enroladas numa bobine que segue para o cliente em caixas de cartão (ver figura 8 a)). Existe outro tipo de embalamento, em tabuleiros, que é realizado quando o cliente específica (ver figura 8 b)).

Figura 8 – Embalamento das unidades em bobines (a) e em tabuleiros (b).

2.3 Descrição do processo de reprocessamento de memórias não-conformes

O processo MRN consiste em recuperar memórias não-conformes que regressam à fábrica para serem reprocessadas, ou seja, para eliminar as não-conformidades verificadas ou por alterações de requisitos logísticos (embalagem, etiquetagem). Este processo só é aplicado a produtos que já tenham sido vendidos. Refira-se que a decisão de devolução dos lotes à fábrica é feita após uma avaliação dos custos de reprocessamento e do volume para reprocessar por parte do planeamento central da Qimonda em Munique.

As não-conformidades detectadas no decurso do processo produtivo "normal", são sujeitas a um fluxo diferente do processo de MRN. Deste modo, existem duas potenciais origens de memórias não-conformes:

- memórias devolvidas de empresas de *back-end* ou de centros de distribuição;
- memórias já vendidas, mas que ainda se encontram no armazém da fábrica.

Memórias não-conformes devolvidas

As não-conformidades podem incidir nas *wafers* ou nas memórias, assim estas podem ser detectadas pela QPT ou por outras empresas do grupo, designadamente, as empresas de *front-end* ou *back-end*. Uma vez detectada uma não-conformidade é necessário alertar a ocorrência da mesma, através de um procedimento de contenção denominado QMR (*Quarantine Material Request*). Este procedimento envolve as seguintes etapas:

- identificar os lotes potencialmente não-conformes;
- parar o processo produtivo dos produtos correspondentes aos lotes identificados como potencialmente não-conformes;
- analisar a não-conformidade dos lotes envolvidos;
- actuar sobre os lotes de acordo com os resultados da análise realizada anteriormente:
  - lotes não-conformes - são sujeitos a reprocessamento,
  - lotes conformes - seguem o processo produtivo normal.

O que se verifica na maioria das vezes é que parte do produto afectado já não se encontra na fábrica, tendo sido expedido para as empresas de *back-end* ou para os centros de distribuição. Nestes casos, a consequência do QMR é a devolução dos lotes não-conformes à fábrica onde foram produzidos e testados, para segregar os produtos não-conformes. Associado à devolução dos lotes no âmbito de um QMR, cria-se um documento designado SWR (*Special Work Request*) onde são definidos aspectos específicos do reprocessamento (programas de teste específicos, operações recomendadas, etc.), assim como aspectos logísticos, designadamente, o destino de envio dos produtos recuperados.

Memórias não-conformes em armazém

No armazém podem ser detectados (sendo consequentemente retidos) lotes que apresentam não-conformidades relacionadas com a integridade das embalagens, das etiquetas e dos selos de qualidade. Alguns lotes também podem ser retidos no armazém quando a Engenharia de Processo detecta um problema no processo produtivo capaz de ter afectado a qualidade desses lotes. As não-conformidades em causa são comunicadas à pessoa responsável pelo processo de MRN de modo a conduzir o respectivo reprocessamento.

2.3.1 Etapas do processo e responsáveis

O processo MRN está integrado no sistema da qualidade, sendo no entanto um processo transfuncional. Este processo é gerido por um elemento do departamento da

qualidade que coordena a respectiva equipa, constituída por elementos de três departamentos: qualidade, planeamento e produção. De uma forma simplificada, este processo pode ser dividido em quatro etapas principais, estando cada uma associada aos elementos da equipa, tal como mostra a figura 9.

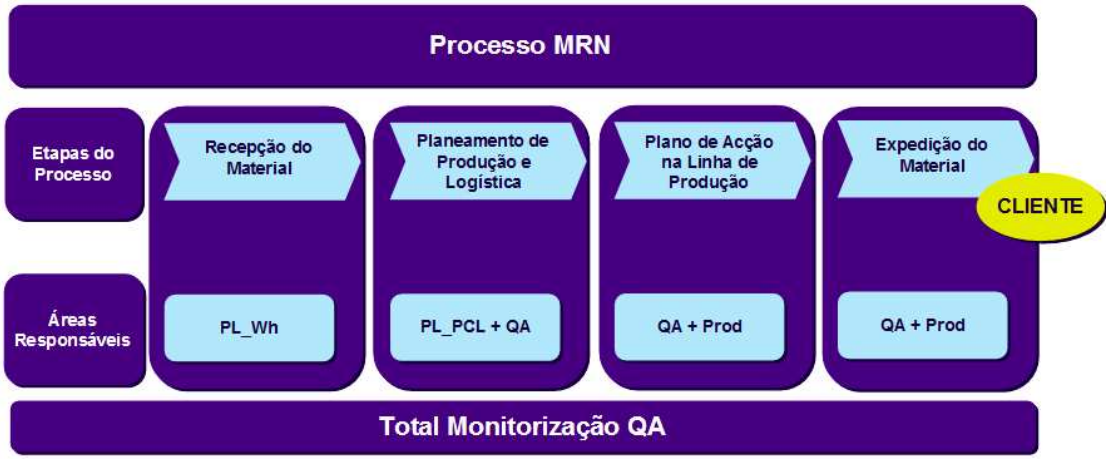

Figura 9 – Perspectiva geral do processo de MRN.

A primeira etapa do processo consiste na recepção dos produtos não-conformes no armazém adstrito ao departamento de planeamento (PL_Wh). O operador do armazém (que faz parte da equipa do processo de MRN) confere a quantidade dos lotes recebidos e a integridade das embalagens dos mesmos. É importante registar correctamente a quantidade recebida, porque o lote pode não ser reenviado na sua totalidade. Depois desta verificação, é aberto no sistema de informação um documento, denominado RCP (*reception*), onde fica registado o número e a quantidade do lote recebido e a data de chegada à fábrica. O documento RCP é endereçado ao responsável do processo MRN, que recebe um *e-mail* automático notificando-o da recepção do material não conforme.

O responsável pelo processo regista todas as recepções de produto não-conforme e apresenta as acções de reprocessamento à respectiva equipa. Passa-se então para a segunda etapa do processo, que consiste em avaliar prioridades e planear as operações de produção e a logística necessária ao reprocessamento do produto não-conforme que se encontra em armazém. Esta etapa é da responsabilidade do elemento da qualidade (QA) e do elemento do planeamento de produção e logística (PL_PCL). O primeiro define as prioridades e apresenta um pedido de reprocessamento enquanto que o segundo avalia o impacto dos pedidos no volume de produção semanal. Os pedidos são apresentados e aprovados na reunião semanal da equipa e incluídos no plano de produção da semana seguinte. Também é da responsabilidade do PL_PCL a criação, no sistema de informação, dos lotes a reprocessar.

Estes lotes têm a designação de RETOU para se distinguirem dos restantes lotes de produção normal. A terceira etapa do processo é da responsabilidade do elemento da qualidade e consiste na avaliação da não-conformidade em causa e definição do plano de reprocessamento que tem de ser executado na linha de produção, de modo a restabelecer os níveis de qualidade no produto. A produção tem a responsabilidade de assegurar que o plano de reprocessamento é cumprido de acordo com os requisitos e prazos definidos. A quarta e última etapa consiste em verificar se o reprocessamento decorreu conforme o pré-estabelecido e garantir que o material é expedido correctamente para cliente. Esta etapa é da responsabilidade do elemento da qualidade com o apoio da produção.

As operações de reprocessamento desenvolvem-se apenas nas áreas de testes eléctricos e de inspecção, marcação e embalamento (descritos anteriormente nas páginas 11, 12 e 13). A definição da sequência de operações de reprocessamento e as restrições associadas são definidas em função da não-conformidade, do produto e do destino do lote depois de reprocessado (ver figura 10).

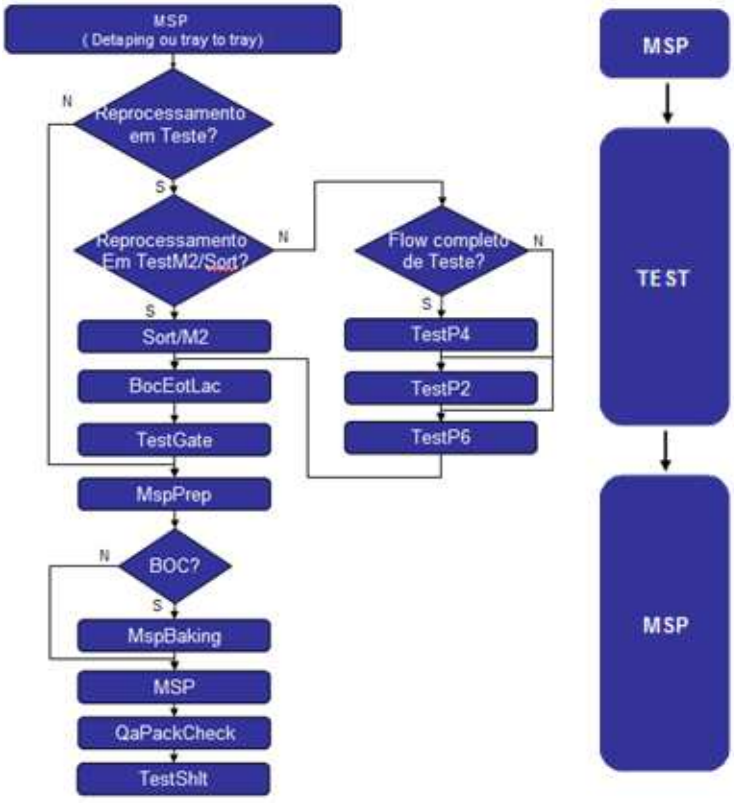

Figura 10 – Fluxo das operações de reprocessamento nas áreas de testes eléctricos (TEST) e de inspecção, marcação e embalamento (MSP).

O reprocessamento inicia-se sempre na área de MSP com o desembalamento das unidades de memória das bobines (*detaping*) ou dos tabuleiros de transporte (*tray to tray*). As operações seguintes dependem da não-conformidade.

Os produtos são reprocessados na área de testes eléctricos nas seguintes situações:

- **testes específicos –** esta situação ocorre quando se desenvolvem novos programas de testes específicos para alguns clientes; neste caso, o produto em *stock* nos centros de distribuição tem de voltar à fábrica para ser sujeitos à nova versão de testes que se realizam nas operações: Teste P4 – teste a baixas temperaturas, Teste P2 – teste a altas temperaturas, e Teste P6 – teste de velocidade a altas temperaturas.

- **manuseamentos inadequados** – quando um lote cai ao chão ou fica danificado no transporte, é sujeito a um teste que faz a verificação da identidade do circuito e das funcionalidades básicas; este teste é realizado na operação TestM2/Sort.

- **mistura de produtos conformes e não-conformes** – um determinado lote final (pronto para expedição) pode ser formado a partir de diferentes lotes de fabrico, processados em dias diferentes e a partir de lotes de matérias primas também diferentes. Quando é identificada uma não-conformidade num determinado lote de fabrico é necessário reprocessar todos os lotes finais formados a partir desse lote e segregar as memórias não-conformes. Esta segregação é realizada na operação TestM2/Sort.

Depois de realizados os testes eléctricos necessários os produtos são inspeccionados visualmente (operação de TestGate) e enviados para inspecção final e embalamento.

Os produtos são reprocessados na área de inspecção, marcação e embalamento, nas seguintes situações:

- **defeitos na marcação ou defeitos dimensionais** – neste caso, os lotes têm de ser reinspeccionados, sofrendo as seguintes operações: MspPrep – preparação do produto antes de iniciar o processo (a contagem do lote, por exemplo); MspBaking – os produtos FBGA são sensíveis à humidade, e por isso têm de ser sujeitos a um ciclo térmico num forno a 125ºC durante 8 horas de modo a eliminar a humidade existente; MSP – inspecção (por laser) das marcações e das características dimensionais (após esta inspecção, as unidades são embaladas nas bobines); QaPackCheck – colocação de etiquetas e embalamento dos lotes nas caixas de cartão; TestShlt – é considerada a última etapa que indica que o processo produtivo foi concluído e o produto pode ser enviado para o armazém de modo a ser expedido para cliente.

- **defeitos no embalamento –** estes defeitos podem incidir nas embalagens, etiquetas ou selos da qualidade danificados; neste caso, os lotes não têm que ser desembalados uma vez que a não-conformidade não afecta directamente o produto; a correcção deste tipo de não-conformidade passa apenas pela realização de um novo embalamento (QaPackCheck).

Capítulo 3 – Optimização do processo de memórias não-conformes
Metodologia e Resultados

Na primeira parte deste capítulo será feita uma análise das não-conformidades a reprocessar, respectivos planos de reprocessamento e uma análise dos tempos de reprocessamento antes da implementação das acções de melhoria. Posteriormente, são descritas as metodologias adoptadas para optimizar o processo e apresentados os resultados obtidos.

3.1. Análise das não-conformidades das memórias reprocessadas

O objectivo deste trabalho é analisar o processo MRN de modo a poder optimizá-lo. Existem não-conformidades que dificilmente serão eliminadas do processo produtivo, por isso uma forma de melhorar este processo é optimizar o seu fluxo de reprocessamento. Para tal, é necessário conhecer as não-conformidades e o que o seu reprocessamento implica.

As não-conformidades das memórias reprocessadas pela QPT foram analisadas e agrupadas em diferentes classes. Os resultados apresentados no gráfico da figura 11 são relativos a quatro meses (10/2007 a 1/2008) de produção. Usando o diagrama de Pareto, constata-se que apenas quatro das sete classes possíveis de não-conformidades são responsáveis por 83% do total de produtos não-conformes: “Logística” (28%); “Circuito eléctrico” (24%); “Embalamento” (21%); “Programas de Teste” (10%), (ver figura 11). Estas quatro classes de não-conformidades foram analisadas com o objectivo de se reduzir o tempo de reprocessamento associado. O resultado dessa análise será apresentado no ponto 3.3.3. do presente capítulo.

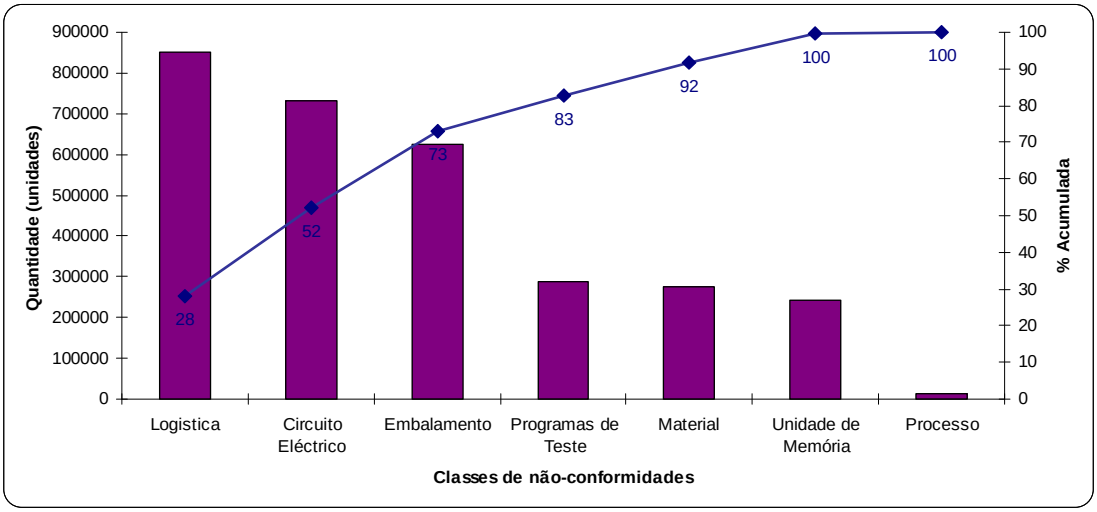

Figura 11 – Análise de Pareto - quantidade de produtos não-conformes em função do tipo de não-conformidade no período de Outubro de 2007 a Janeiro de 2008.

3.1.1. Não-conformidades – definição e plano de reprocessamento

3.1.1.1. "Logística"

A não-conformidade "**Logística"** engloba três situações possíveis:

- **embalamento** – a situação mais frequente consiste em produtos, em *stock* nos centros de distribuição, embalado em tabuleiros, mas que têm de seguir para cliente em bobines. Apesar de não existir nenhum defeito na unidade de memória, o reprocessamento é necessário por uma questão logística. Esta é a situação mais frequente, representando 98% (851 200 unidades) dos produtos não-conformes devido a problemas de "Logística".

Plano de reprocessamento: os lotes são devolvidos à fábrica para proceder à mudança de embalamento e satisfazer a encomenda do cliente. Este reprocessamento implica a realização de todas as operações do processo de MSP.

- destino de envio errado – esta situação consiste em enviar produtos para destinos errados, devido a erros do sistema de informação; esta situação tem uma baixa ocorrência (apenas 1%).

Plano de reprocessamento: os lotes têm que ser identificados correctamente em sistema e tem que se trocar as etiquetas e as caixas de cartão antes de serem novamente expedidos para o destino correcto. Os lotes apenas realizam a operação de QaPackCheck em MSP.

- **identificação errada do lote –** esta situação consiste em enviar produtos para os centros de distribuição mal identificados. Esta situação tem uma ocorrência muito baixa (apenas 0,70%) e ocorre devido a erros do sistema de informação.

Plano de reprocessamento: os lotes têm que ser identificados correctamente em sistema e tem que se trocar as etiquetas e caixas de cartão antes de ser novamente expedido.

3.1.1.2 "Circuito eléctrico"

A não-conformidade "**Circuito Eléctrico"** refere-se apenas a uma situação que envolveu 24% (731 406 unidades) dos produtos reprocessados durante o período em análise; o problema incidiu em *wafers* produzidas em empresas de *front-end* e que afectou as memórias produzidas na QPT, num determinado período de tempo. Deste modo, houve necessidade de retornar o material dos centros de distribuição, para segregação dos componentes montados com circuitos eléctricos provenientes dos lotes de *wafers* não-conformes.

Plano de reprocessamento: os lotes afectados são devolvidos dos centros de distribuição para serem sujeitos a uma operação de triagem na área de teste, em TestM2/Sort, posteriormente os lotes são inspeccionados, embalados e expedidos.

3.1.1.3 "Embalamento"

A maioria dos problemas associados à não-conformidade **"Embalamento"** devem-se a erros humanos cometidos na linha de produção. Não colar selos de qualidade nas caixas, danificar as etiquetas durante o transporte e colar etiquetas sem verificação da inexistência da descrição do produto, são os erros mais comuns.

Plano de reprocessamento: os lotes têm de ser embalados com novas etiquetas e caixas de cartão (operação QaPackCheck).

3.1.1.4 "Programas de teste"

A não-conformidade **"Programas de Teste"** ocorre quando são desenvolvidos novos testes específicos para determinados clientes e que não foram aplicados nas memórias em *stock* nos centros de distribuição. Estas têm de regressar à fábrica para fazer a actualização dos testes antes de serem vendidos. Esta não-conformidade apresenta 10% (289 351 unidades) dos produtos reprocessados durante o período em análise.

Plano de reprocessamento: os lotes são sujeitos à nova versão de teste nas operações de teste do fluxo produtivo normal: Test P4; TestP2; ou TestP6. Após reprocessamento, os lotes são novamente inspeccionados e embalados na área de inspecção, marcação e embalamento.

3.1.1.5 "Material"

A não-conformidade **"Material"** representa 9% (274 000 unidades) dos produtos reprocessados durante o período em análise; pode ter origem em qualquer uma das matérias-primas utilizadas no fabrico de memórias e manifesta-se apenas quando a memória é sujeita a testes eléctricos. De forma a reduzir o risco no material já produzido, houve a decisão de segregar todas as unidades montadas com os lotes de matérias prima afectada.

Plano de reprocessamento: os lotes têm que ser triados na operação de TestM2/Sort para segregar as unidades afectadas, posteriormente são inspeccionados e embalados na área de inspecção, marcação e embalamento.

3.1.1.6 "Unidade de memória"

A não-conformidade **"Unidade de Memória"** engloba os seguintes defeitos: pinos das unidades TSOP tortos ou partidos; existência de resíduos de material de deposição entre os pinos nos produtos TSOP; unidades partidas ou com fissuras nas extremidades. Esta não-conformidade afecta o encapsulamento da memória e é responsável por 8% (241 660 unidades) dos produtos reprocessados em análise.

Plano de reprocessamento: os lotes têm que ser inspeccionados visualmente e posteriormente em equipamento na área de inspecção, marcação e embalamento.

3.1.1.7 "Processo"

A não-conformidade **"Processo"** teve uma ocorrência de apenas 0,38% (11 613 unidades) e deve-se à mistura de produtos diferentes durante o processo produtivo ou à inspecção de produtos de acordo com um procedimento errado.

Plano de reprocessamento: a primeira situação é corrigida na operação TestM2/Sort, através de testes eléctricos que permitem separar produtos diferentes; a segunda situação é corrigida realizando-se novamente o processo de inspecção, marcação e embalamento de acordo com o procedimento correcto.

3.2 Análise dos tempos de reprocessamento de não-conformidades

O tempo de reprocessamento é a métrica utilizada para medir o tempo que se demora a processar os lotes não-conformes. Este indicador permite medir o desempenho das operações envolvidas na produção dos lotes. É possível medir e controlar o tempo de reprocessamento através dos registos informáticos realizados pelos operadores no momento da produção.

Os operadores registam as movimentações no sistema informático entre operações, isto é, registam o início (*move in*) da operação e o fim (*move out*) quando esta termina (ver figura 12). Ao fazer *move out* de uma operação, o lote fica imediatamente disponível para a operação seguinte da sequência de operações previamente determinada. Associados a estas movimentações ficam registadas a data, hora e quantidade do lote que transita entre operações. Estes dados ficam guardados o que permite manter um historial do lote processado e a sua análise posterior.

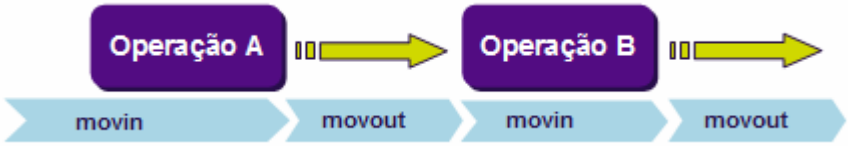

Figura 12 – Representação da movimentação das operações no sistema informático.

Os operadores também registam a ocorrência de problemas que surgem na linha e que podem colocar em risco a qualidade do produto final. Estes dados são registados numa ferramenta de registo e tratamento de não-conformidades, designada QMPor (*Quality Management Protocol*). Uma vez detectada a ocorrência, o operador pára o lote e regista no sistema a ocorrência. Posteriormente a Engenharia analisa o problema e soluciona o mesmo dando instruções aos operadores sobre o que fazer e quando movimentar o lote em questão. Estas paragens na linha de produção aumentam o tempo de reprocessamento dos lotes, mas são vitais para a garantia da qualidade do produto final.

O tempo de reprocessamento do processo MRN corresponde ao tempo que decorre entre o momento que o material chega ao armazém da fábrica até ao momento em que é expedido para cliente (ver figura 13). O objectivo definido pelo procedimento global, aplicável a todas as empresas do grupo, para este processo é de 22 dias úteis (30 dias de calendário) [13].

Figura 13 – Representação do tempo de reprocessamento do processo de MRN de lotes não-conformes.

Foi efectuada uma análise do tempo de reprocessamento associado ao reprocessamento das quatro classes de não-conformidades responsáveis pelo maior volume de reprocessamento de produtos não-conformes, ou seja, “Logística”, “Circuito Eléctrico”, “Embalamento” e “Programas de Teste”. Como já foi anteriormente referido, as actividades de reprocessamento das classes “Logística” e “Embalamento” desenvolvem-se na área de inspecção, marcação e embalamento, enquanto que as das classes “Circuito Eléctrico” e “Programas de Teste” na área de testes eléctricos. Deste modo, a análise do tempo de reprocessamento foi realizada em separado e atendeu à ordem sequencial de operações do

plano de reprocessamento. Foram avaliados trinta lotes reprocessados em cada uma das áreas do processo, durante os quatro meses de produção analisados.

Os valores obtidos para as classes "Logística" e "Embalamento", estão apresentados no gráfico da 14. O tempo de reprocessamento médio de um lote com um tamanho de 10 000 unidades foi de 55 (± 13) dias, quando deveria ser no máximo de 30 dias (ver anexo A-1).

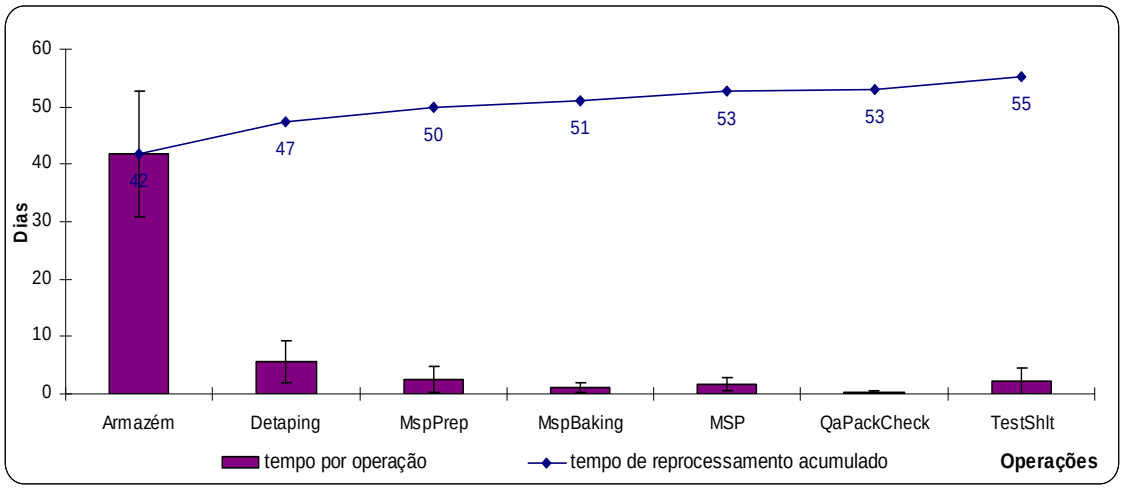

Figura 14 – Tempo médio (e desvios) das operações de reprocessamento e tempo de reprocessamento acumulado de 25 lotes reprocessados, na área de inspecção, marcação e embalamento.

Os valores obtidos para as classes "Circuito Eléctrico" e "Programas de Teste", estão apresentados no gráfico da figura 15. O tempo de reprocessamento médio calculado para um lote com um tamanho médio de 10 000 unidades foi de 69 (± 20) dias e deveria ser no máximo 30 dias (ver anexo A-2).

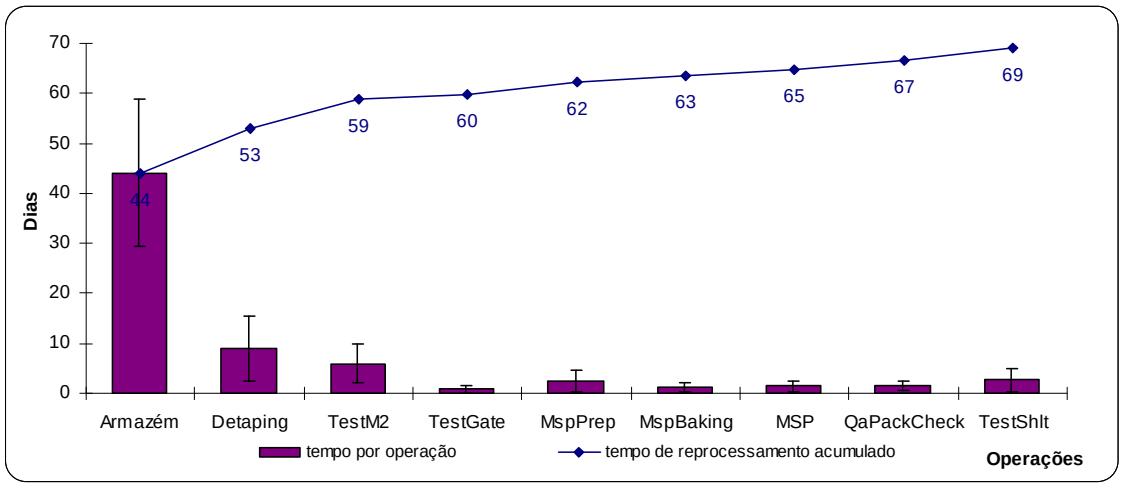

Figura 15 – Tempo médio (e desvios) das operações de reprocessamento e tempo de reprocessamento acumulado de 25 lotes reprocessados, na área de testes eléctricos.

O objectivo desta análise foi a identificação das operações com maior tempo de reprocessamento e, consequentemente com maior impacto no tempo de reprocessamento

total. O tempo de espera do produto não-conforme em armazém (entre 42 a 44 dias), assim como, o elevado tempo das operações de detaping (entre 6 a 9 dias), TestM2 (6 dias), MspPrep (2 e 3 dias) e TestShlt (2 e 3 dias) são excessivos relativamente aos esperados com base na disponibilidade de operadores e equipamentos em condições normais de fabrico.

Ambas as áreas revelam elevados tempos de reprocessamento: 69 dias para reprocessamentos na área de testes eléctricos e 55 dias para reprocessamentos na área de inspecção, marcação e embalamento, o que é revelador de ineficiências no processo de reprocessamento. Estas serão objecto de discussão e estudo no âmbito do FMEA desenvolvido para o processo.

3.3 Metodologia utilizada e resultados obtidos

A avaliação do desempenho do processo de reprocessamento é um tema novo na QPT. De facto, no último ano, devido ao aumento da complexidade no mercado de memórias, o volume de produto devolvido à fábrica para reprocessamento aumentou consideravelmente, afectando de forma significativa o processo produtivo normal. Esta situação conduziu a empresa a concentrar-se no processo de reprocessamento, analisando-o e comparando o seu desempenho com processos equivalentes de outras empresas. O objectivo é identificar e caracterizar os pontos fracos com base em dados quantitativos e consequentemente, explorar áreas de melhoria de forma a satisfazer eficazmente as actuais necessidades.

A metodologia utilizada na caracterização do processo consistiu, numa primeira etapa, em realizar um exercício de *benchmarking* com outras empresas do grupo. Paralelamente foi realizada uma análise interna do processo, incluíndo a análise das ferramentas informáticas de suporte utilizadas.

3.3.1 Exercício de *benchmarking*

O exercício de *benchmarking* foi realizado com o objectivo de comparar o desempenho da QPT com outras empresas de *back-end* e conhecer outras práticas existentes. A execução de um exercício de *benchmarking* consiste num conjunto de etapas que seguem o ciclo de Deming: Planear (*Plan*), Executar (*Do*), Analisar (*Check*) e Corrigir (*Act*) [14]. Na primeira etapa foram identificadas as empresas de *back-end* alvo e os responsáveis pelo processo de reprocessamento nessas empresas. As empresas de *back-end* identificadas foram: Qimonda Malásia, Qimonda China e Qimonda Alemanha. Ainda durante esta etapa foram definidos os indicadores utilizados: volume semanal de produto reprocessado; número semanal de processos de MRN concluídos; procedimento de criação de lotes RETOU; tempo

médio de reprocessamento; ferramentas informáticas utilizadas; e planeamento das actividades de lotes RETOU. Durante a segunda etapa recolheram-se os dados através de *e-mail.* As empresas de *back-end* seleccionadas responderam ao questionário num curto espaço de tempo e os resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Respostas do exercício de *benchmarking*, realizado em Outubro de 2007.

Empresas **Indicadores**	Qimonda China	Qimonda Alemanha	Qimonda Malásia	**Qimonda Portugal**
Volume semanal de produtos para reprocessamento	capacidade para processar qualquer quantidade	capacidade para processar qualquer quantidade	Capacidade para processar qualquer quantidade	**100 000 unidades de memória**
Número semanal de processos de MRN concluídos	não respondeu	não respondeu	não respondeu	**4 processos**
Metodologia de criação de lotes RETOU	de forma não automática e gerida pela informática	de forma não automática e gerida pelo planeamento	de forma não automática e gerida pelos operadores na linha de produção	**de forma não automática e gerida pelo planeamento**
Elaboração de relatório mensal	não	não	resumo com dados de produtos segregados por operação	**não**
Tempo médio de reprocessamento	15 dias	maior que 22 dias	22 dias	**maior que 22 dias**
Ferramentas informáticas utilizadas	nenhuma específica; processo gerido com o SI da empresa	nenhuma específica; processo gerido com o SI da empresa	nenhuma específica; processo gerido com o SI da empresa	**processo gerido com o SI da empresa e existência de base de dados específica**
Planeamento do reprocessamento	não há planeamento; o reprocessamento é realizado no decurso da produção normal.	não há planeamento; o reprocessamento é realizado no decurso da produção normal.	não há planeamento; o reprocessamento é realizado no decurso da produção normal.	**planeamento numa base semanal**

Os resultados não revelaram nenhuma melhor prática para gerir o processo de MRN. Relativamente à questão do cumprimento do objectivo do tempo de reprocessamento (22 dias úteis), a Alemanha responde que não cumpre, enquanto a Malásia e a China afirmam que cumprimento do objectivo, depende sempre do volume de produtos para reprocessar e da capacidade produtiva disponível. Nenhuma das empresas faz um planeamento de produção

específico para as actividades de reprocessamento, ou seja, os lotes são reprocessados quando há capacidade produtiva.

3.3.2 Análise do risco do processo de reprocessamento (FMEA)

Para analisar o processo e as suas interacções (com outros processos) foram caracterizadas todas as etapas (produtivas e não produtivas), actividades e funções de modo a identificarem-se falhas (incluindo as potenciais) e consequentemente implementarem-se acções de melhoria. Ao realizar este estudo foram identificados alguns modos de falha potencial sem sistema de detecção associado. Deste modo, foi decidido aplicar uma análise modal de falhas e efeitos (*Failure Mode Effect Analysis* – FMEA).

FMEA – *Failure Mode Effect Analysis*

Como se sabe, o FMEA desenvolve-se sempre em equipa de modo a promover a partilha de conhecimentos e a utilizar as diferentes experiências dos elementos que constituem a equipa. Assim, o primeiro passo foi criar a equipa (interdisciplinar) responsável pela condução do FMEA. Os sete elementos escolhidos são de vários departamentos, designadamente, do departamento da qualidade e do departamento de planeamento e produção. Foram realizadas dezassete sessões semanais com a duração de uma hora e meia durante quatro meses para construir o FMEA do processo de reprocessamento de memórias não-conformes.

Contrariamente aos processos produtivos (devidamente estudados com métricas definidas e controladas), este processo não produtivo não está ainda bem estudado, não existindo o mesmo detalhe em termos de registos e indicadores. Assim, a análise do processo foi baseada apenas em registos de ocorrências recentes e na experiência dos participantes através da utilização do *brainstorming.*

O FMEA desenvolveu-se em oito etapas, como mostra o gráfico da figura 16.

Começou-se por determinar as funções (**etapa 1**), ou seja, definir as etapas do processo de MRN; esta etapa teve a duração de uma sessão. O processo de MRN foi dividido em seis etapas:

- recepção dos lotes no armazém;
- criação do novo lote no sistema informático;
- abertura do MRN no LEW;
- definição do plano de reprocessamento;
- execução do plano de reprocessamento na linha de produção;
- expedição dos lotes reprocessados para *back-ends* ou para os centros de distribuição.

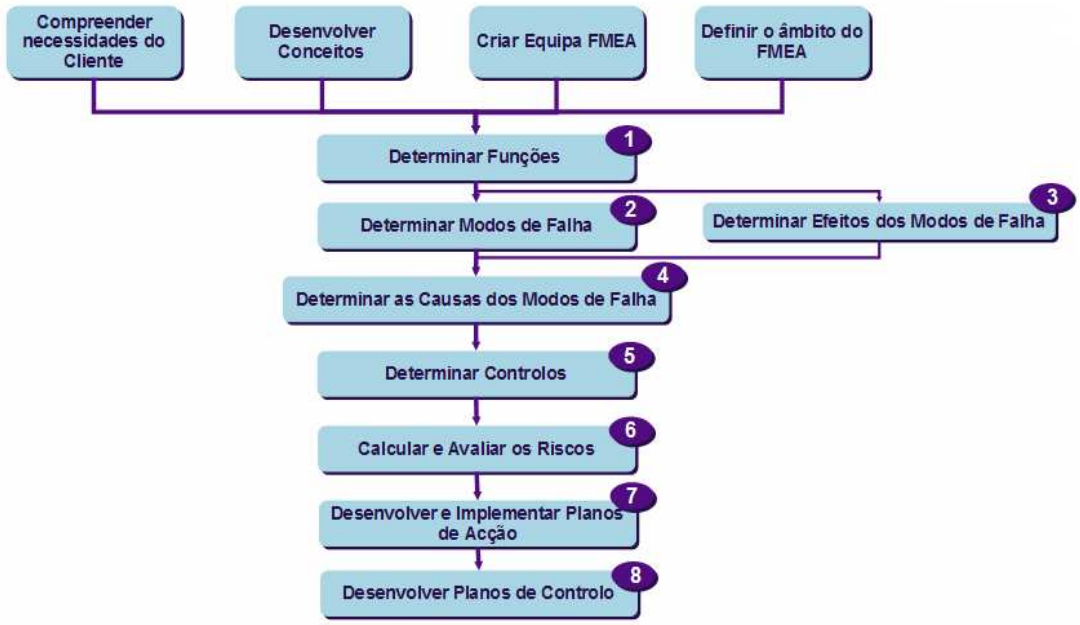

Figura 16 – Principais etapas da análise modal de falhas e efeitos [15].

Posteriormente, desenvolveram-se em paralelo as **etapas 2 e 3** (em quatro sessões) com o objectivo de determinar os modos de falha associados a cada etapa do processo e determinar os efeitos dos mesmos. A **etapa 4** consistiu em determinar as causas dos modos de falha e foi realizada em duas sessões. De seguida (em duas sessões), caracterizaram-se os controlos actuais (**etapa 5**) para evitar que os modos de falha ocorram. Estas cinco primeiras etapas permitem concluir a primeira fase do desenvolvimento do FMEA que resulta numa análise qualitativa do processo. A segunda fase do FMEA deve resultar numa análise quantitativa para o que é necessário realizar a **etapa 6.** Nesta etapa (com a duração de três sessões), classificaram-se as falhas quanto à sua severidade (S), ocorrência (O) e detectabilidade (D), numa escala de 1 a 10 e foram calculados os respectivos riscos (RPN - *Risk Priority Number*), a partir do produto dos três factores anteriores (SxOxD). As escalas usadas na classificação dos parâmetros: severidade, ocorrência e detectabilidade estão descritas na tabela 2.

Numa terceira fase, desenvolveram-se e implementaram-se planos de acção (**etapa 7**). Esta etapa desenvolveu-se em três sessões e teve como objectivo identificar as acções recomendadas para os modos de falha com risco elevado (RPN> 100). Segundo o procedimento interno da QPT, para RPN's superiores a 100 é obrigatório identificar uma acção de melhoria de modo a diminuir o risco; para valores inferiores a 100, cabe à equipa avaliar o impacto do risco no processo e a necessidade de actuar ou não. Adicionalmente, foi nomeado um responsável pelo desenvolvimento de cada acção recomendada. Estas foram

aprovadas por toda a equipa e estabeleceram-se as datas de implementação das acções. Refira-se que a implementação de algumas acções recomendadas demorou mais do que o previsto devido à não disponibilização de recursos.

Tabela 2 – Níveis de severidade, ocorrência e detectabilidade estabelecidos no procedimento interno da QPT [16].

Nível	Severidade	Ocorrência	Detectabilidade
1	Severidade nula ou reduzida. Não tem impacto no cliente	Ocorrência improvável	Detecção segura
2		Ocorrência isolada quase idêntica	
3		Ocorrência isolada idêntica	Alta probabilidade de detectar
4	Severidade moderada. Pode provocar algum impacto no cliente	Ocorrência ocasional	
5			Provável detecção
6			
7	Severidade elevada. Falha de especificação interna.	Ocorrências repetidas	Possível detectar
8			
9	Severidade muito elevada	Ocorrência inevitável	Não detecção interna (QPT)
10	Máxima severidade		Sem detecção possível

Para concluir o FMEA, foi desenvolvido na **etapa 8** (com duração de duas sessões) um Plano de Controlo de Processo (PCP) com o objectivo de estabelecer todos os controlos necessários para garantir a qualidade do processo. O PCP inclui os métodos para monitorizar o controlo das características especiais e as acções de reacção quando o processo se torna instável ou perde capacidade. A responsabilidade do cumprimento das especificações definidas no PCP é do elemento da qualidade, responsável pelo processo. Sempre que houver uma revisão do FMEA, esta deverá também ser documentada no PCP.

O FMEA resulta num documento onde se regista toda a informação recolhida e gerada durante a análise. Este documento deve ser revisto sempre que houver alterações no produto/processo ou no mínimo uma vez por ano. No fim, realizou-se uma reunião com toda a equipa onde foi apresentado o documento FMEA preenchido e o PCP do processo desenvolvido.

O FMEA desenvolvido encontra-se na íntegra no anexo B e o PCP no anexo C. Todas as acções que alteram os procedimentos das áreas de testes eléctricos e inspecção, marcação e embalamento foram integradas nos respectivos procedimentos internos e não no PCP do processo de reprocessamento.

Os potenciais modos de falha identificados com RPN superior a 100 estão representados (azul) no gráfico da figura 17. A verde estão identificados os valores de RPN estimados após a implementação das acções recomendadas. Como se pode observar as diferenças são significativas, esperando-se grandes melhorias com as acções definidas.

Resultados da aplicação do FMEA

De seguida, serão apresentados os modos de falha identificados, o respectivo RPN inicial, a fase do processo em que é detectada a falha, a acção recomendada de modo a reduzir o risco ou eliminar o modo de falha, a melhoria verificada e o RPN calculado após implementação das acções de melhoria.

Modo de falha: Expedição dos lotes reprocessados para *back-end* com a designação RETOU

RPN inicial - 360

Fase do processo: Expedição dos lotes reprocessados para *back-ends* ou para os centros de distribuição

Os lotes reprocessados antes de serem enviados para *back-end* têm obrigatoriamente de mudar de designação de "RETOU" para "PROD". O sistema informático dos *back-end's* apenas aceitam lotes "PROD". No caso de receberem um lote "RETOU", este não é processado e dá origem a uma reclamação. A causa deste modo de falha é atribuída a um erro humano, pois a alteração no sistema informático não foi correctamente efectuada.

Acções recomendadas:

- criação de uma regra automática no sistema informático dos *back-ends* que altere a designação de "RETOU" para "PROD" na fase de recepção do lote.

Melhoria:

- a implementação desta acção permite expedir os lotes reprocessados para *back-end* sem se mudar a designação; a regra tem como objectivo actuar na recepção do lote em *back-end,* eliminando todos os potenciais riscos na QPT ao enviar um lote com a designação RETOU; uma melhoria adicional é a redução do tempo de espera dos lotes na operação de expedição, porque a alteração do atributo passa a ser automática no cliente.

RPN final – em curso

Modo de falha: Unidades segregadas em TestM2/Sort não identificadas

RPN inicial – 336

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

Após a operação TestM2/Sort as unidades testadas são classificadas de "unidade funcional" ou "unidade falha". Contudo, as "unidades falha" podem ser vendidas a um cliente especial que aceite produtos parcialmente não-conformes. As unidades segregadas são separadas fisicamente das unidades funcionais, mas no sistema informático não é criado um lote correspondente às unidades que falharam no teste. Consequentemente, ao fim de três dias estas unidades são "sucatadas" na linha de produção pelos operadores, porque não têm qualquer identificação e disposição definida para as mesmas.

Acções recomendadas:

- identificação do lote das unidades com falhas com um plano de reprocessamento adicional;

- criação de um relatório de rastreabilidade de lotes de unidades com falhas na operação TestM2/Sort.

Melhorias:

- a primeira acção permite identificar fisicamente os lotes de unidades com falha na linha de produção. Todos os lotes reprocessados na área de teste eléctricos passam a ter dois planos de reprocessamento: um para o lote de unidades com falha e outro para seguir com o lote conforme; no plano de reprocessamento deverá estar descrito a disposição para o lote de unidades com falha (onde deve ser guardado e quem fica responsável).

- a segunda acção, permite manter a rastreabilidade dos lotes. Visto que não é possível criar o lote de falhas no sistema informático, a solução foi criar um relatório que permita saber a quantidade dos lotes das unidades com falha gerados a partir dos lotes reprocessados num determinado período de tempo; o elemento da qualidade apresenta esse relatório quinzenalmente e endereça ao planeamento as informações necessárias para realizar a venda desses lotes a cliente.

Ao identificar fisicamente e em sistema os lotes de unidades com falhas gerados na operação TestM2/Sort, aumentamos fortemente a detectabilidade o que nos permite diminuir o RPN para 96.

RPN final – 96

Modo de falha: Lotes de unidades com falhas na área de testes eléctricos sem plano de reprocessamento

RPN inicial – 245

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

Este modo de falha refere-se aos lotes que são reprocessados na área de testes eléctricos (nas operações do fluxo produtivo). Nestas operações, os lotes das unidades com falhas são separados e classificados numa classe de qualidade inferior. O novo lote é criado no sistema informático, contudo, perde a informação do plano de reprocessamento, pois este segue com o lote conforme. As consequências desta perda de informação são as seguintes:

- possível mistura de unidades com outro lote que tenha a mesma classe de qualidade;

- os lotes das unidades com falhas podem ser "sucatados", caso a disposição para os mesmos não seja definida num prazo de três dias.

Acções Recomendadas:

- identificação do lote de unidades com falhas com um plano de reprocessamento adicional;

- definição de um procedimento para os lotes de unidades com falhas nas operações do fluxo produtivo de testes eléctricos.

Melhorias:

- a melhoria relativamente à primeira acção foi descrita no modo de falha anterior.

- a segunda acção deu origem a um procedimento que define dois aspectos muito importantes:

- o lote de unidades com falhas, resultado de uma segregação na área de testes eléctricos (numa operação do fluxo produtivo) têm que ser movimentados no sistema informático para uma operação de falhas, de modo a evitar misturas com lotes da mesma classe de qualidade; o lote fica identificado como "lote com falhas" e é movimentado de acordo com instruções definidas pela Engenharia.

- estabelecimento de uma quantidade mínima de unidades com falhas a serem guardadas (250 unidades), para evitar a acumulação de lotes de dimensões muito reduzidas; o cliente que aceita lotes com falhas de reprocessamento, apenas exige que o lote seja constituído por produtos iguais, todos os outros requisitos não são relevantes, daí que se pode juntar lotes do mesmo produto até perfazer 750 unidades (quantidade mínima para expedição).

Estas acções permitiram reduzir a ocorrência e aumentar a detectabilidade deste modo de falha, diminuindo desse modo o RPN para 80.

RPN final – 80

Modo de falha: Criação de lotes para reprocessamento com o *baunumber* (código do produto) errado

RPN inicial – 216

Fase do processo: Criação do novo lote no sistema informático

Um lote novo é criado com base nas informações recebidas do armazém. O elemento do armazém é responsável por manter actualizado um inventário dos lotes que chegam semanalmente à fábrica (num ficheiro *Excel*) com os seguintes dados: número do lote, *baunumber* de expedição, semana de produção e quantidade do lote. Estes dados são introduzidos manualmente, podendo ocorrer erros durante esta operação. A criação do novo lote com o *baunumber* errado tem os seguintes efeitos:

- o lote pode não ser processável;

- o lote pode ser processável, mas seguir um fluxo de produção errado, por estar associado a outros requisitos;

- a marcação das unidades pode ser diferente da identificação do lote.

Estes três efeitos são bastante graves porque podem gerar erros no reprocessamento dos lotes e originar consequentemente reclamações.

Acções recomendadas:

- implementação de um sistema de leitura automático do *baunumber* de expedição através do código de barras na recepção do lote em armazém;

- criação de um ficheiro de verificação do *baunumber* de expedição e do *baunumber* produtivo.

Melhorias: - a primeira acção de melhoria foi fácil de implementar e permite eliminar erros humanos na introdução de dados no inventário e consequentemente, na criação do novo lote no sistema informático.

- a segunda acção de melhoria permite realizar uma verificação automática entre o *baunumber* de expedição e o *baunumber* produtivo, eliminando erros de introdução manual de dados.

Estas acções de melhoria permitem diminuir a ocorrência para um nível muito reduzido, permitindo obter um RPN igual a 63.

RPN final – 63

Modo de falha: Divisão de lotes que ficam sem informação do plano de reprocessamento, na área de inspecção, marcação e embalamento.

RPN inicial – 192

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

No processo de inspecção, marcação e embalamento são aplicadas as seguintes regras logísticas:

- só se embalam lotes completos (múltiplos de 2000 unidades para produtos FGBA e múltiplos de 1500 unidades para produtos TSOP);

- a última embalagem do lote deve ter no mínimo 750 unidades, independentemente do tipo de produto.

No caso de haver um lote com uma quantidade incompleta de unidades ("*lot rest*"), este é separado e identificado com um número de lote diferente. Este novo lote volta para a operação de MspPrep, constituindo um *stock* intermédio até se processar mais produtos com as mesmas especificações e poder perfazer um lote com a quantidade completa. Esse lote é marcado com a semana de produção actual e o destino de venda é o definido segundo o planeamento da semana de produção; os "*lot rest*" formados a partir de lotes de reprocessamento ficam sem o plano de reprocessamento e como tal, ficam parados na produção até definição da sua disposição, por outro lado, estes lotes não podem ser completados, porque as unidades já estão marcadas. Assim, a criação de um lote incompleto a partir de lotes de reprocessamento implica o seguinte:

- elevado tempo de reprocessamento do lote de quantidade incompleta, porque fica na operação de MspPrep à espera de disposição;

- embalamento / impressão de etiquetas com informação errada;

- atribuição errada do destino ao lote com quantidade incompleta.

Existem dois grandes motivos pelos quais os lotes ficam muito tempo na operação de MspPrep no caso de não serem imediatamente processados:

- falta do plano de reprocessamento do lote incompleto; o elemento da qualidade, responsável pela monitorização total do processo, tem de identificar os lotes incompletos, imprimir novo plano de reprocessamento e levá-lo fisicamente à linha de produção (este processo simples pode demorar vários dias);

- falta de capacidade de fornos (MspBaking) e equipamento para realizar o embalamento (MSP).

Acções recomendadas: - processamento imediato dos lotes incompletos.

Melhorias:

O processamento imediato dos lotes incompletos elimina a criação de *stocks* intermédios. Estes lotes prosseguem ao longo das operações de fabrico até à operação de MSP onde são embalados e identificados por uma etiqueta vermelha (colocada do lado direito da etiqueta do lote) para facilitar a sua identificação e gestão nos centros de distribuição. Este novo procedimento de manuseamento dos lotes incompletos (criados a partir dos lotes de reprocessamento) foi implementado depois de ser dada a formação necessária às quatro equipas de operadores da área de processo de inspecção, marcação e embalamento. Os fluxogramas que descrevem o procedimento implementado e que foram usados para dar formação aos operadores encontram-se no anexo D.

A implementação desta acção originou inúmeras melhorias no processo de reprocessamento:

- redução considerável do tempo de reprocessamento associado aos lotes incompletos: um lote incompleto pode esperar, em média, 23 dias até ser processado na operação de MspPrep e apresentar um tempo de reprocessamento total de 31 dias; ao ser imediatamente processado passa a ter um tempo de reprocessamento total médio de 1,6 dias (ver figura 18), eliminando-se o tempo de espera em MspPrep e a repetição da operação MspBaking com uma duração fixa de 8 horas; refira-se que, as movimentações no sistema informático para processar o lote incompleto demoram apenas 15 minutos.

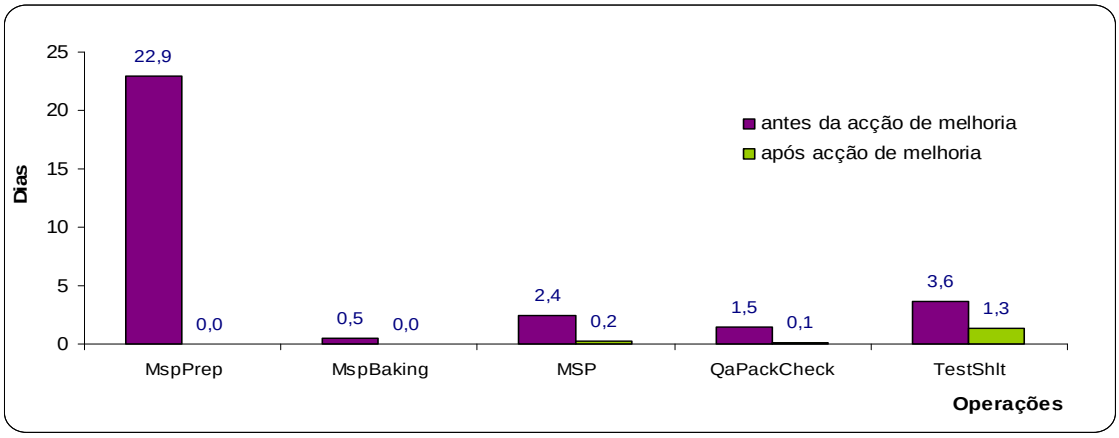

Figura 18 – Tempos médios de reprocessamento de lotes incompletos em cada operação antes e depois da implementação da acção de melhoria.

- optimização do plano de reserva de capacidade semanal: o planeamento das actividades de reprocessamento é feito numa base semanal. Ao processar imediatamente o lote incompleto está-se a utilizar recursos que foram previamente planeados, caso contrário, o reprocessamento destes lotes têm que ser considerado nas semanas seguintes; deste modo,

optimiza-se o plano de reserva de capacidade semanal e elimina-se a repetição da operação de MspBaking.

- atribuição correcta do destino ao lote: o destino do lote é atribuído na operação MspPrep e consoante o planeamento de produção semanal, o lote incompleto ao ser processado na mesma semana que o lote de quantidade completa é-lhe atribuído o mesmo destino de venda.

Foram estudadas outros procedimentos possíveis para eliminar este modo de falha, designadamente, a possibilidade de embalar lotes com quantidades diferentes das estabelecidas, eliminando a criação de lotes incompletos; este procedimento não foi aprovado pela Qualidade Central, Qimonda AG. Tentou-se também alterar o sistema informático para que as movimentações dos lotes incompletos fossem automáticas, eliminando-se os 15 minutos necessários. Esta acção não foi implementada devido à falta de recursos disponíveis para alterar o sistema informático.

Esta acção de melhoria permitiu aumentar consideravelmente a detectabilidade do modo de falha reduzindo o nível de ocorrência, diminuindo o RPN para 48.

RPN final – 48

Modo de falha: Lotes sem o atributo "restrito"

RPN inicial – 160

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

Os novos lotes criados no sistema informático estão associados a uma série de atributos que têm de ser garantidos. Um desses atributos é designado de *"lot restricted flag"* e impõe que um lote realize o processo sem se dividir, isto é, não permite que haja a junção com outro lote, nem a separação do mesmo. Contudo, por vezes, na área de testes eléctricos (e por uma questão de capacidade de equipamento) o lote tem que ser dividido, e como tal, esse atributo tem de ser retirado para realizar essa operação. No final, o atributo deve ser novamente associado ao lote, mas muitas vezes essa operação é esquecida, permitindo, no sistema informático, realizar junções com outros lotes, resultando na mistura de lotes.

Acções recomendadas:

- criação de uma regra automática no sistema informático que envia um *e-mail* para o responsável do processo MRN sempre que o atributo *"lot restricted flag"* é retirado de um lote de reprocessamento.

Melhorias: O envio de um *e-mail* automático permite alertar o elemento da qualidade da ocorrência desta situação e possibilita a correcção imediata da mesma.

Esta acção permitiu aumentar consideravelmente a detectabilidade do modo de falha e assim diminuir o RPN para 48.

RPN final – 48

Modo de falha: Criação do novo lote sem informação do lote original

RPN inicial – 150

Fase do processo: Criação do novo lote no sistema informático

Este modo de falha é particularmente preocupante no caso do reprocessamento de lotes na área de testes eléctricos. As informações relativas ao lote original devem ser copiadas para o lote de reprocessamento. Esses dados permitem parametrizar correctamente o lote para uma segregação por identificação do circuito eléctrico. Caso essa informação não seja copiada, o lote não é processado na área de testes eléctricos. O equipamento detecta a falta dessa informação e não avança com a segregação.

Acções recomendadas:

- criação de uma *check list* para verificação dos parâmetros de criação do novo lote.

Melhorias:

A cópia da informação dos lotes originais para o novo lote faz parte do procedimento de criação dos lotes de reprocessamento. O elemento do planeamento, responsável pela criação dos novos lotes envia a informação necessária para o departamento informático que realiza a cópia dessa informação. Caso não seja realizado o pedido ao departamento informático, os lotes de reprocessamento não terão a informação dos lotes de montagem do lote original. Para eliminar esta potencial falha na passagem de informação, foi criada uma *check list* que contêm os parâmetros necessários para a criação do novo lote. Desse modo, é possível reduzir o nível de ocorrências, e diminuir o RPN para 60.

RPN final – 60

Modo de falha: Operações do plano de reprocessamento não executadas

RPN inicial – 147

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

O plano de reprocessamento é definido para cada situação de não-conformidade, envolvendo sempre movimentações no sistema informático realizadas pelos elementos da Engenharia. Devido a erro humano, as movimentações entre operações podem não ser realizadas correctamente. Caso isso aconteça, o fluxo de reprocessamento pode não ser correctamente executado e consequentemente a não-conformidade não ser eliminada.

Acções recomendadas:

- criação de sequências de operações para os fluxos de reprocessamento mais comuns.

Melhorias:

Para eliminar as intervenções manuais foram criadas três sequências de operações (no sistema de informação) para os fluxos de reprocessamento mais comuns: na área de testes eléctricos para segregações na operação TestM2/Sort; na área de inspecção, marcação e embalamento (com todas as operações do processo) e a última com as operações necessárias à realização de um novo embalamento.

As sequências definidas evitam as intervenções manuais e a possibilidade de erro. Ao terminar uma operação, o lote fica imediatamente disponível para a operação seguinte definida na sequência de operações. A implementação desta acção de melhoria, também teve um efeito bastante positivo na redução do tempo de reprocessamento dos lotes.

Esta acção permitiu aumentar a detectabilidade do modo de falha e assim diminuir o RPN para 70.

RPN final – 70

Modo de falha: Não cumprimento das regras de expedição dos lotes para *back-end's*

RPN inicial – 144

Fase do processo: Expedição dos lotes reprocessados para *back-ends* ou para os centros de distribuição

A expedição dos produtos para *back-end* obedece a regras específicas, nomeadamente, a diferença entre a data de expedição e data de produção tem que ser inferior ou igual a quatro semanas de produção. Os lotes enviados sem cumprirem esta regra não entram na linha de montagem das empresas de *back-end* e dão origem a reclamações.

Acções recomendadas:

- criação de um relatório de monitorização da data de produção dos lotes em armazém.

Melhorias:

- foi criado um relatório, com toda a informação dos lotes que estão em armazém, programado para alertar o elemento da qualidade duas semanas antes da data limite de expedição dos lotes para *back-end's*. Deste modo, é possível definir prioridades relativamente aos lotes que esperam reprocessamento.

A partir desta acção implementada foi possível aumentar a detectabilidade do modo de falha, reflectido numa diminuição do RPN para 64.

RPN final – 64

Modo de falha: Lotes incompletos sem data (ou com data errada) de produção

RPN inicial – 140

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

A "semana de produção" é marcada nas unidades de memória durante a operação de inspecção. Contudo, no caso de lotes incompletos este atributo é apagado e só é marcado de novo quando o lote for completado e sujeito à operação de inspecção. Quando se aplica esta regra nos lotes de reprocessamento, cria-se um problema de inconsistência de dados, porque as unidades de memória ficam com uma marcação diferente da existente no sistema informático. Os operadores ao verificarem essa situação, quando fazem a inspecção da marcação física das etiquetas, param o lote até que a Engenharia altere os dados no sistema informático.

Acção recomendada:

- alteração da regra que limpa o atributo "semana de produção" nos lotes de reprocessamento e incompletos

Melhorias:

- alteração desta regra permitiu manter nos lotes incompletos o atributo "semana de produção" marcada originalmente. Esta alteração contribuiu para diminuir o tempo de reprocessamento do lote, na medida em que o lote não pára na linha de produção por este modo de falha.

Esta acção permitiu reduzir a ocorrência do modo de falha e aumentar a detectabilidade do mesmo, obtendo uma redução do RPN para 56.

RPN final – 56

Modo de falha: Lotes que chegam à linha de produção sem plano de reprocessamento

RPN inicial – 126

Fase do processo: Execução do plano de reprocessamento na linha de produção

Os lotes são transportados do armazém para a linha de produção num elevador e podem ser colocados sem o respectivo plano de reprocessamento. Quando se verifica esta situação:

- os operadores podem retirar os lotes para a linha de produção e iniciar o reprocessamento por iniciativa própria correndo o risco de executar erradamente as primeiras operações;

- os operadores podem retirar os lotes do elevador e não iniciar o seu reprocessamento, atrasando o mesmo.

Acções recomendadas:

- alteração do procedimento de entrega dos lotes à linha de produção.

Melhorias:

- o modo de evitar esta ocorrência foi alterar o procedimento de entrega dos lotes à linha de produção. Ficou definido que nenhum lote seria colocado no elevador de transporte sem o respectivo plano de reprocessamento adicionado eliminando assim as duas situações acima citadas e o modo de falha. Obteve-se uma redução para um RPN de 126 para 42.

RPN final – 42

Modo de falha: Criação do novo lote com quantidade errada

RPN inicial – 120

Fase do processo: Criação do novo lote no sistema informático

Aquando da recepção do lote na fábrica, a quantidade do mesmo é um parâmetro a ser inventariado. Se esta não for a correcta, o novo lote vai ser criado com uma quantidade errada dando origem aos seguintes erros: o lote não é processável; possível mistura de lotes; e, aumento do tempo de reprocessamento, porque os operadores quando verificam esta situação param o lote na linha de produção.

Acções recomendadas:

- implementação de um sistema de leitura automática da quantidade do lote através do código de barras na recepção do lote em armazém;

Melhorias:

- esta acção foi igualmente aplicada para eliminar o modo de falha de criação de lotes com *baunumber* errado. Esta acção elimina erros humanos durante a importação dos dados realizada pelo operador do armazém. Um benefício adicional é a redução do tempo da operação de recepção e inventariação dos lotes em armazém. Deste modo, consegue-se reduzir grandemente a ocorrência deste modo de falha obtendo-se um RPN 28.

RPN final – 28

Modo de falha: Identificação errada do lote

R.P.N. – 108

Fase do processo: Recepção dos lotes em armazém

A identificação errada do lote tem os seguintes efeitos posteriormente no processo produtivo:

- o lote poderá não ser processável em teste;

- o lote pode ser processável e seguir um fluxo de reprocessamento errado devido à associação errada do *baunumber*;

- inconsistência de dados para o departamento financeiro, pois os dados da recepção dos lotes estão directamente relacionados com a facturação e os erros vão originar balanços contabilísticos errados.

Este modo de falha é causado pela recepção de lotes com as etiquetas danificadas, com quantidades físicas diferentes das descritas nas etiquetas, ou misturados anteriormente nos centros de distribuição. Destas três causas, a mais grave é a terceira porque é a de menor detecção devido à falta de controlo para a mesma. As duas causas anteriores podem ser facilmente detectáveis pelos operadores no armazém ou na linha de produção.

Acções recomendadas:

- controlo/verificação da integridade física do embalamento e alerta da ocorrência ao elemento da qualidade;

Melhorias:

- os centros de distribuição estão autorizados a abrir as bobines e retirar unidades de um determinado lote. Para tal, a integridade do embalamento da caixa de cartão e dos selos de qualidade são violados. De forma a detectar este modo de falha instituiu-se mais um controlo na recepção dos lotes em armazém. Este controlo consiste em verificar a integridade do embalamento e em caso de ocorrência alertar o elemento da qualidade. Ao implementar este controlo aumentou-se a detectabilidade deste modo de falha, diminuindo o RPN para 84.

RPN final – 84

3.3.3 Análise dos tempos de reprocessamento

A análise inicial realizada ao tempo de reprocessamento dos lotes revelou a existência de operações no fluxo de reprocessamento com elevados tempos de desperdício, nomeadamente os tempos de permanência em **armazém** e os tempos nas operações de **detaping, MspPrep, TestM2 e TestShlt**.

De modo a reduzir o tempo de cada lote por operação, foram identificadas ineficiências do processo com maior impacto no tempo. Algumas das acções de melhoria foram sugeridas, durante a realização do FMEA:

- no armazém – os lotes em armazém permaneciam em média 43 dias em espera para iniciar o processo de reprocessamento. O motivo deste elevado valor deve-se ao facto de no último ano o volume de material devolvido à fábrica ter aumentado consideravelmente (o volume reprocessado não acompanhou o volume de produto devolvido) Por outro lado, aumentou a complexidade do reprocessamento, ou seja, passou a ser necessário um acompanhamento especial por parte da Engenharia (implicando também mais recursos).

A forma de reduzir o tempo de espera em armazém foi em primeiro lugar sensibilizar a equipa para o problema e juntamente com o Planeamento reajustar a capacidade de produção às necessidades de reprocessamento. Isto é, foi necessário aumentar as reservas da capacidade semanal para as actividades de reprocessamento, de modo a escoar o *stock* existente em armazém. Passou-se de um planeamento de base semanal para um planeamento com quatro/cinco semanas de avanço. Desta forma, conseguiu-se ajustar os volumes de produção normal, ao volume de produtos a reprocessar. No tempo de espera em armazém também está incluído o tempo dispendido pelo operador na execução do inventário dos lotes. Como já referido anteriormente, a redução deste tempo foi conseguida com a implementação de um sistema automático de leitura por código de barras das etiquetas.

Estas medidas permitiram eliminar o *stock* existente e reduzir o tempo de espera para 9 dias, ou seja, uma redução de 79% do tempo de espera em armazém.

- detaping – a operação de desembalamento é isolada das outras operações, isto é, não tem ligação com nenhuma sequência de operações definida (um lote apenas realiza esta operação no caso de ser necessário uma reinspecção a 100% ou se for para reprocessar). Assim, os lotes, para realizarem a operação seguinte, definida no plano de reprocessamento, têm de ser movimentados no sistema informático, manualmente pela Engenharia. Como os lotes de reprocessamento iniciam o processo à sexta-feira, apenas podiam ser movimentados na segunda-feira seguinte, ficando no mínimo parados três dias na produção. Por outro lado, verifica-se que em média os lotes ficam 8 dias nesta operação por falta de capacidade de reprocessamento no momento em que é movimentado no sistema informático para a operação seguinte. De forma a reduzir este tempo foram criadas três sequências de operações para os fluxos de reprocessamento mais comuns evitando as intervenções manuais no sistema. O operador dá a instrução (em sistema) de saída do lote da operação e este fica imediatamente

disponível para realizar a operação seguinte previamente definida. Deste modo, foi possível reduzir o tempo médio da operação de 8 dias para 2 dias, obtendo-se uma redução de 75%.

- TestM2/Sort – o desperdício de tempo verificado nesta operação é devido aos lotes de reprocessamento que não têm as informações dos lotes originais. Este facto foi identificado como um modo de falha do processo e foi também tratado no âmbito do FMEA. Foi implementada uma acção de melhoria que permitiu reduzir eficazmente este modo de falha obtendo uma redução de 45% no tempo de permanência dos lotes nesta operação.

- MspPrep – esta operação consiste na preparação do lote para a realização da inspecção, marcação e embalamento. Para o efeito não deveria demorar mais que 5 minutos por lote (independentemente do tamanho do lote), contudo os lotes de reprocessamento permanecem nesta operação em média 3 dias. Existem dois motivos principais: - a perda do plano de reprocessamento (ficando os operadores sem informação para darem seguimento ao processo); - o lote está incompleto e o atributo "semana de produção" é mal preenchido. Estas duas situações foram abordadas no âmbito do FMEA e foram implementadas acções de melhoria que permitiram reduzir o tempo de permanência nesta operação para metade. Outra acção de melhoria que contribuiu para esta redução do tempo foi o processamento imediato dos lotes incompletos, ao eliminar os *stocks* intermédios nesta operação.

- TestShlt – os lotes param nesta operação para verificação do destino do lote e para mudar a designação de "RETOU" para "PROD" antes de serem expedidos para *back-end's*. A mudança de designação do lote foi identificada no FMEA como um potencial modo de falha e a acção recomendada ainda se encontra em curso de implementação. Espera-se que a implementação da regra automática definida permitirá uma redução do tempo de reprocessamanto de 2 dias.

Também foi possível reduzir o tempo de reprocessamento dos lotes ao implementar acções de melhoria estabelecidas para diminuir os erros na criação dos novos lotes no sistema informático. Outra acção de melhoria que permitiu tornar o processo mais célere foi a criação das sequências de operações para os fluxos de reprocessamento mais comuns.

Todas as acções de melhoria implementadas associadas a um planeamento de produção eficaz e envolvimento de todos os elementos da equipa tornaram possível reduzir drasticamente o tempo de reprocessamento total dos lotes. A figura 19 apresenta o gráfico que reúne os valores dos tempos de reprocessamento por operação antes e depois das acções

implementadas. Como se pode verificar, existem diferenças muito significativas em todas as operações dos fluxos de reprocessamento. Globalmente conseguiu-se uma redução de 72% no tempo de reprocessamento total. Deste modo, com as alterações realizadas ao processo, é possível cumprir com o objectivo definido para o procedimento global de reprocessamento da Qimonda em 22 dias úteis.

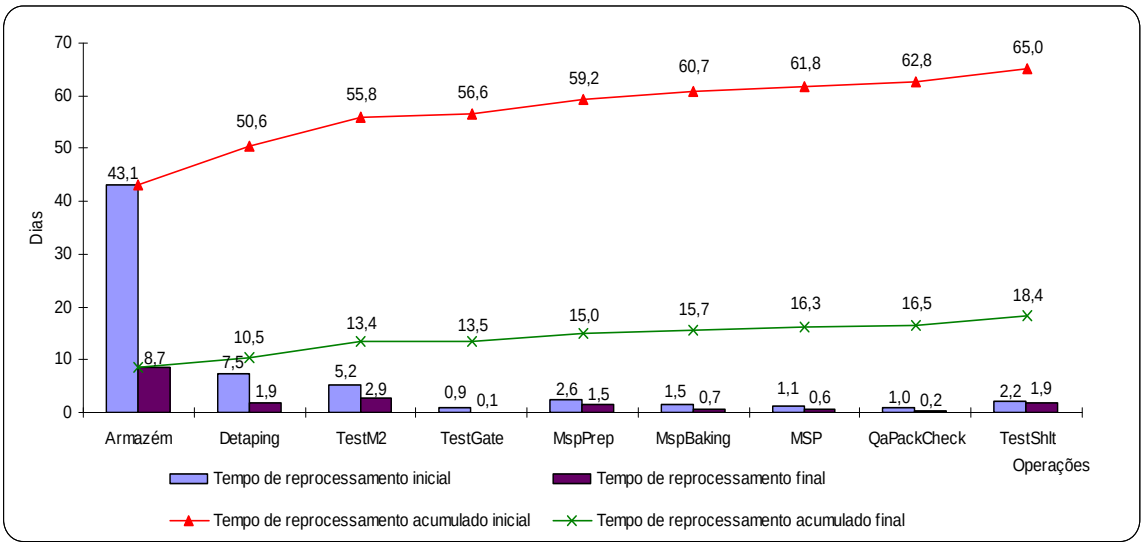

Figura 19 – Tempo médio das operações de reprocessamento e tempo médio de reprocessamento acumulado de 30 lotes nas áreas de marcação, inspecção e embalamento e testes eléctricos, antes e depois das acções de melhoria implementadas.

3.3.4 Análise das ferramentas informáticas

A análise das ferramentas informáticas também é importante na medida em que estas podem ser melhoradas com vista à optimização do processo. O processo de reprocessamento de memórias é gerido por uma ferramenta informática (base de dados) designada LEW (*Logistics Express Workflow*). Esta ferramenta permite registar, o motivo de devolução do produto final (não-conformidade associada), dados dos lotes originais, dos novos lotes criados e também o plano de reprocessamento. Esta ferramenta não permite realizar qualquer movimentação operacional dos produtos. Este tipo de operação é realizada directamente na ferramenta informática de gestão de produção designada OWS (*Operator Work Space*) e que é utilizada pela Engenharia e pelos operadores da produção.

De um modo geral pode-se afirmar que as ferramentas existentes suportam as necessidades básicas do processo de reprocessamento, no entanto constatou-se a necessidade de automatizar a ferramenta LEW, criar alguns ficheiros *Excel* e relatórios para melhor monitorizar o processo.

Relativamente à ferramenta informática de base de dados LEW foram identificadas as seguintes acções de melhoria:

- automatizar a introdução dos dados por lote – a introdução dos dados pode ser feita a partir da importação dos dados de uma tabela *Excel*, em vez se fazer a introdução individual dos dados dos lotes como é realizado actualmente;

- melhorar o modo como são introduzidos os dados do plano de reprocessamento – as operações podem estar organizadas por áreas de processo ou por sequências de operações previamente definidas; outro aspecto importante, é tornar o plano de reprocessamento editável, permitindo alterações pontuais sem ter que definir novamente o plano de reprocessamento.

- incluir uma ligação entre a ferramenta de gestão de operações OWS e o LEW, de modo a possibilitar a impressão do plano de reprocessamento sempre que este estiver em falta para os operadores da linha de produção.

- retirar restrições de utilizadores – esta ferramenta informática é partilhada por vários utilizadores e não permite o uso simultâneo pelos mesmos. Assim, para realizar alguma alteração dos dados de determinado MRN é necessário esperar que a ferramenta fique disponível para tal. Esta restrição de utilizadores não é necessária e muitas vezes atrasa o processo de documentação e disponibilização dos lotes à linha de produção, visto que estes têm que ser acompanhados do plano de reprocessamento.

Desde o preenchimento dos dados no LEW até à disponibilização dos lotes na produção pode-se demorar em média 4 horas. Este tempo pode ser reduzido com a optimização da ferramenta e já foram feitos alguns esforços nesse sentido, contudo esta acção ainda está em curso porque ainda não houve recursos disponíveis no departamento informático.

Para monitorizar de forma mais eficaz o processo de reprocessamento foram criados alguns ficheiros *Excel:*

- ficheiro com a informação dos lotes à espera de reprocessamento em armazém com a indicação da não-conformidade associada;

- ficheiro partilhado com o Planeamento onde é definido o plano de reprocessamento com um mês de avanço;

- ficheiro de monitorização global do processo com valores semanais de lotes reprocessados; através deste ficheiro é possível realizar o relatório semanalmente apresentado à direcção da fábrica.

A criação de relatórios também permitiu melhorar a monitorização do processo em causa. Foram criados três novos relatórios:

- relatório de rastreabilidade de lotes de unidades com falhas na operação TestM2/Sort;

- relatório de monitorização da semana de produção dos lotes em armazém que esperam reprocessamento;

- relatório de dados de todos os lotes criados em sistema e esperam reprocessamento;

Capítulo 4 – Conclusões

Os projectos de melhoria da qualidade de processos requerem um esforço elevado de todas as pessoas envolvidas directa e indirectamente no processo. Isto é, tem de haver uma participação activa desde o operador da linha de produção até à gestão de topo, pois as melhorias dos processos só se tornam eficazes quando compreendidas e participadas pelas pessoas que as tem de realizar.

O projecto de optimização do processo de reprocessamento de memórias não-conformes na QPT foi orientado no sentido de reduzir o risco associado ao processo e de melhorar o seu desempenho global reflectido no indicador: tempo de reprocessamento dos lotes. Tal foi conseguido através da dedicação e esforço de toda a equipa que desenvolveu o FMEA do processo.

A partir do FMEA foi possível identificar os modos de falha do processo. Foram sugeridas e implementadas acções de melhoria que permitiram diminuir a ocorrência ou aumentar a detectabilidade do modo de falha, diminuindo consequentemente o RPN associado. Obteve-se uma diminuição do RPN global do processo de 3470 para 2134.

Dos treze modos de falha identificados e descritos no capítulo anterior foi possível passar a controlar doze (existe um modo de falha cuja acção de melhoria ainda está em curso).

Foi possível a partir do FMEA e do PCP passar a realizar um controlo efectivo total do processo.

O FMEA deverá ser revisto sempre que se altere o risco de algum modo de falha, se detecte um novo modo de falha (este deve ser documentado, avaliado e controlado) ou se altere o processo.

Sempre que houver alguma alteração no FMEA esta deverá reflectir-se também no PCP, ao nível dos controlos do processo e acções de reacção no caso do processo se tornar instável.

Com todas as acções de melhoria implementadas foi possível obter uma redução do tempo de reprocessamento de 72%, passando de um tempo médio de 65 para 19 dias. Estes

valores são muito satisfatórios na medida em que a redução é bastante considerável e permite à empresa cumprir o objectivo proposto: reprocessamento dos lotes em 22 dias úteis.

Referências Bibliográficas

[1] – Anónimo, Seminário "A Gestão da Mudança" (APGEI, 1991)

[2] – Pyzdek, Thomas, "Quality Engineering Handbook", Marcel Dekker, Second Edition, 2003.

[3] – Oakland, J.S., "Total Quality Management – The route to improve performance", Butterworth Heinemann, Second Edition, 1993.

[4] - Juran, J.M, Gryna, F.M., "Quality Planning and Analysis", McGraw-Hill International Editions, Industrial Engineering Series, Third Edition, 1993.

[5] - Moore, Ron, "Understand the manufacturing problems before selecting the right tool to fit it", Management Side, Plant Engineering, January 2007.

[6] – Saux, Daniel, "The Effective Use of Process Control Plans and Process Failure Mode Effects Analysis in a GaAs Semiconductor Manufacturing Environment", CS MANTECH Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, April 24-27, 2006.

[7] – CEI IEC 60812, International Standard, "Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)", IEC 2006

[8] – Sarsfield Cabral, J.A., "A melhoria e a Normalização da Qualidade", Robótica e Automação, Abril de 1990.

[9] – Li, Han-Xiong, Zuo, Ming J., "A hybrid approach for identification of root causes and reliability improvement of a die bonding process – a case study", Reliability Engineering & System Safety, Elsevier, July 1998.

[10] – Integrated Circuit Engineering Corporation, "Useful Methods for Improving Equipment Performance in Manufacturing", 2004.

[11] – Barros, Isabel, "BackEnd Process Flow", Qimonda 2007.

[12] - Manual Técnico de Indução, "Formação Inicial de Operadores", Pessoas e Sistemas, Consultoria em Gestão e Recursos Humanos, Qimonda 2007.

[13] - Wiehler, B., "Re-Process/ Special Work Request for Memory Products", Process Description QAG 2006.

[14] – Ribeiro, Laura MM, "Aplicação do *Benchmarking* na indústria de manufactura: Desenvolvimento de uma metodologia para empresas de fundição", Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.

[15] – Profitability Engineers Lda., Manual de Formação em FMEA, "FMEA – Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos", 2007.

[16] – Almeida, Rui, "Process FMEA Deployment", Process Instruction QPT 2004

Anexos

Anexo A – Tabelas de resultados de cálculo de tempo de reprocessamento de 25 lotes por operação de reprocessamento

A – 1 – Valores obtidos para a área de inspecção, marcação e embalamento

		Armazém	Detaping	MspPrep	MspBaking	MSP	QaPackCheck	TestShlt	
Lot #	Qty	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Σ
GS732022D14	17280	50,95	6,67	3,40	3,39	2,54	0,39	7,09	74,43
QW806836D25	4500	43,05	3,27	5,68	2,00	1,06	0,40	0,11	55,57
AA810047D10	14400	35,89	4,87	0,80	1,90	0,19	0,77	0,08	44,50
QW735395D44	18360	45,20	21,00	4,52	0,40	0,25	0,02	4,90	76,29
GQ739027D07	5400	45,20	1,00	4,50	0,39	3,18	0,60	4,95	59,82
GI803059D07	12000	74,85	5,26	5,64	0,38	1,21	0,40	1,99	89,73
QW806836D25	4500	33,57	5,37	5,68	1,70	0,06	0,30	0,11	46,79
QW807633D10	6000	28,56	6,37	5,60	0,42	3,11	0,50	0,11	44,67
AC746149D75	1500	52,20	3,37	4,92	1,80	1,03	0,50	0,22	64,04
AC745137D15	16500	52,20	6,24	2,70	1,80	3,18	0,01	0,13	66,26
3A722496D56	2000	25,09	3,06	0,64	0,51	2,08	0,04	0,05	31,47
GI8020019D08	6000	15,22	4,29	2,09	0,40	2,07	0,55	0,05	24,67
QL814041D52	12000	44,86	3,99	0,12	0,34	2,21	0,39	0,08	51,99
QW807633D08	8000	45,89	8,89	0,25	0,35	0,20	0,39	3,02	58,99
GQ739387D08	4000	46,78	8,15	3,56	1,70	1,35	0,05	2,67	64,26
GQ734787D07	16000	40,63	8,02	6,05	0,33	1,30	0,59	4,90	61,82
QL814041D72	18000	35,86	4,05	0,40	0,37	1,34	0,74	5,60	48,36
QL802001D08	4000	47,67	4,06	0,06	2,00	1,35	0,30	2,60	58,04
GS732024D24	10000	38,67	4,07	0,09	1,45	1,30	0,20	3,30	49,08
AA748166D15	8000	39,56	3,09	0,20	0,44	2,80	0,60	3,50	50,19
GS812010D01	9600	39,56	5,89	0,70	0,42	5,28	0,80	0,80	53,45
AA810031D32	16320	41,12	4,00	2,03	0,51	1,19	0,15	0,59	49,59
AA810047D10	14400	43,67	6,00	0,20	0,45	2,25	0,50	0,80	53,87
QW806836D22	2000	39,21	6,06	2,12	0,45	0,20	0,60	3,56	52,19
QW806836D30	6000	39,21	3,74	2,13	1,24	1,32	0,01	4,03	51,68
Média	9470	41,79	5,63	2,56	1,01	1,68	0,39	2,21	55,27
Máximo	18360	75	21	6	3	5	1	7	90
Mínimo	1500	15,22	1,00	0,06	0,33	0,06	0,01	0,05	24,67
Desvio Padrão	5681	11,10	3,74	2,24	0,84	1,24	0,24	2,18	13,72

A -2 – Valores obtidos para a área de testes eléctricos

		Armazém	Detaping	TestM2	TestGate	MspPrep	MspBaking	MSP	QaPackCheck	TestShIt	
Lot #	Qty	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Σ
GA804186D01	10000	47,21	3,15	1,03	0,90	7,98	2,39	1,26	1,50	0,00	65,42
QW809675D01	16000	59,10	8,41	5,65	0,90	2,35	0,48	3,13	1,40	0,00	81,43
GQ807005D02	20000	46,08	10,98	4,90	0,43	2,26	0,45	1,28	3,00	3,62	73,01
GQ813005D01	18000	46,08	0,98	5,62	0,70	2,12	1,43	0,20	1,49	0,14	58,75
QL736032D10	12000	31,00	11,50	0,23	0,75	1,33	1,43	0,38	1,20	6,37	54,19
QL733031D52	2000	33,89	9,94	5,16	0,55	0,27	1,42	1,12	1,20	2,58	56,13
QL733034D52	12000	50,89	9,94	0,17	0,70	1,03	1,49	0,22	1,80	3,05	69,30
QL742015D98	2000	34,84	2,89	5,77	0,80	0,40	0,49	0,94	3,00	2,50	51,63
GL814007D92	2000	34,80	2,92	2,88	0,50	2,95	1,18	3,20	1,20	1,00	50,63
GL813045D03	28000	50,80	2,92	5,27	0,60	0,50	1,43	0,26	1,30	2,00	65,08
GL813042D75	14000	34,79	5,93	5,67	0,20	0,50	1,50	1,16	1,20	4,00	54,95
GQ813001D04	14000	40,83	8,98	5,36	0,80	0,40	1,44	0,90	1,20	3,00	62,91
QL752114D73	16000	30,07	4,53	16,53	0,70	0,16	1,41	3,80	2,05	0,00	59,25
QW748410D20	8000	50,14	5,39	10,92	0,80	0,12	0,58	3,71	1,20	2,00	74,86
G3822003D03	14000	22,07	12,91	6,42	0,50	2,00	0,42	3,17	1,30	3,96	52,75
GL817014D46	4000	46,07	8,03	15,73	0,50	3,53	1,20	1,64	1,10	0,00	77,80
QL743170D71	10000	67,22	13,83	6,64	0,79	5,73	0,44	2,18	1,40	7,39	105,63
QL743172D70	2000	67,22	8,72	10,04	0,80	1,02	2,79	1,49	1,20	4,94	98,22
QL743173D05	2000	67,22	13,92	6,77	4,61	3,88	0,44	1,16	1,30	7,25	106,53
QL743170D70	10000	67,22	13,82	6,73	0,72	5,35	2,44	0,14	1,30	2,67	100,39
QL752057D82	10000	44,06	3,94	5,74	0,60	4,49	0,42	0,15	1,50	0,00	60,90
AC746419D56	24000	6,91	2,13	5,85	0,80	0,13	0,51	1,20	1,40	0,00	18,92
G3813006D10	1092	44,21	26,03	4,23	0,90	3,39	0,45	0,28	1,30	3,44	84,22
3A802124D13	4636	44,21	26,03	4,20	0,80	3,43	3,45	1,37	1,50	4,41	89,40
QL811316D62	8000	34,90	5,02	2,50	0,60	5,29	0,51	1,07	5,30	2,00	57,19
Média	10549	44,07	8,91	6,00	0,84	2,42	1,21	1,42	1,65	2,65	69,18
Máximo	28000	67,22	26,03	16,53	4,61	7,98	3,45	3,80	5,30	7,39	106,53
Mínimo	1092	6,91	0,98	0,17	0,20	0,12	0,42	0,14	1,10	0,00	18,92
Desvio Padrão	7293	14,73	6,52	3,93	0,80	2,14	0,84	1,15	0,91	2,27	20,40

Anexo B – Documento FMEA desenvolvido para o processo de reprocessamento de memórias não-conformes na QPT

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN

DRIVER: Ana Fernandes

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves

FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
Recepção dos lotes no Armazém	Identificação errada do lote	O lote não é processável, ou poderá seguir um fluxo de reprocessamento errado, inconsistência de dados para o departamento financeiro	6		Etiqueta danificada.	3	Verificação visual do conteúdo das etiquetas quando fazem a recepção dos lotes em armazém	3	54							
					Quantidades erradas vindas do DC (quantidade da etiqueta diferente da quantidade física)	4	Verificação física do número de caixas recebidas vs documentação. Verificação da quantidade física pela linha	3	72							
					Mistura/Troca de material nos DC's	2	n.a	9	108	Controlo/ verificação da integridade do embalamento e alerta da ocorrência.	Joaquim Coelho	26/05/08	6	2	7	84

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN

DRIVER: Ana Fernandes

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves

FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
Criação do novo lote no sistema informático	Criação de lotes para reprocessamento com o *baunumber* errado	O lote não é processável O lote pode seguir um fluxo de reprocessamento errado Identificação errada do produto na etiqueta/envio de produto errado para o cliente	8		Erro humano	3	n.a (shipping e PL)	9	216	Leitura automática do código de barras da etiqueta do lote Criação de ficheiro de verificação do *baunumber* de expedição com o *baunumber* produtivo	Joaquim Coelho Nuno Alves	26/05/08 02/06/08	8	1	9	72
	Criação do novo lote com quantidade errada	O lote não é processável Mistura de lotes por inconsistência física/sistema Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes	7		Erro humano	5	Próxima operação onde existir contagem do lote	4	120	Leitura automática do código de barras da etiqueta do lote	Joaquim Coelho	26/05/08	7	1	4	28

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 3 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
	Introdução errada do número do lote	Mistura de lotes por inconsistência física/sistema Perda de rastreabilidade do lote	7		Erro humano	2	Verificação na abertura do MRN e acompanhamento do fluxo de reprocessamento.	5	70							
	Criação dos lotes sem lista de *front-end* lote	Não é processável em Test;	6		Não envio de informação para o IT	5	Possível detectar durante teste eléctrico.	5	150	Criação de uma check list	Nuno Alves + Ana Fernandes	26/05/08	6	2	5	60
Abertura do MRN no LEW	Introdução errada do número do lote/*baunumber* ou quantidade do lote	Envio de informação incorrecta para a linha, Inconsistência de dados para o F	4		Erro humano	2	Verificação do número de lote e quantidade por parte do shipping e QA	4	32							
					Erro humano	2	Verificação da facturação pelo F	6	48							

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 4 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
Definição do plano de reprocessamento	Definição errada do plano de reprocessamento	Fluxo de reprocessamento não executado correctamente	8		Erro humano	3	Verificação do fluxo na linha pelo QA.	4	96							
	Definição errada da *route* a seguir pelo material	Fluxo de reprocessamento não executado correctamente	8		Erro humano	3	Verificação do fluxo na linha pelo QA.	4	96							
Execução do plano de reprocessamento na linha de produção	Lotes que chegam à linha de produção sem plano de reprocessamento	Informação inconsistente para a linha Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes Não execução correcta do plano de reprocessamento	7		Erro humano	3	Lotes de MRN só são processados com plano de reprocessamento	6	126	Alteração do fluxo de entrega dos lotes à linha de produção	Joaquim Coelho + Ana Fernandes	27/03/08	7	2	3	42

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 5 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
	Indicação errada do elevador - prateira da localização física dos lotes	Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes	4		Erro humano	2	Verificação física da localização dos lotes por parte da linha	3	24							
	Operações do plano de reprocessamento não executadas	Fluxo de reprocessamento não executado correctamente	7		Erro humano (ajustes errados em sistema, perda de plano de reprocessamento)	3	Verificação do fluxo na linha pelo QA	7	147	Criação de sequências de operações para os fluxos de reprocessamento mais comuns	Ana Fernandes + Nuno Alves	13/03/08	7	2	5	70
					Erro de sistema	2	Verificação do fluxo na linha pelo QA	7	98							
		Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes	4		Erro humano (ajustes errados em sistema, perda de plano de reprocessamento)	3	Verificação do fluxo na linha pelo QA	7	84							
					Erro de sistema	3	Verificação do fluxo na linha pelo QA	7	84							

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN

DRIVER: Ana Fernandes

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves

FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
	Lotes de unidades com falhas na área de testes eléctrico sem plano de reprocessamento	Possível mistura de lotes Eliminação física do lote de falhas	5		Plano de reprocessamento apenas está anexado ao lote RETOU original	7	Informação da disposição das falhas no plano de reprocessamento	7	245	Acompanhamento de dois planos de reprocessamento, um por lote: para o lote conforme e lote de falhas Criação de novo procedimento de falhas de lotes RETOU	Ana Fernandes	04/04/08	5	4	4	80
	Divisão de lotes que ficam sem informação do plano de reprocessamento, na área de inspecção, marcação e embalamento.	Atribuição errada de destino Embalamento/ etiquetas erradas do lote Aumento do tempo de reprocessamento dos lotes incompletos	6		Regras logísticas de MSP	8	Paragem dos lotes na linha de produção	4	192	Processamento imediato do lote com quantidade incompleta	Ana Fernandes + Juan Valdivia	13/06/08	6	8	1	48

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 7 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
	Separações de lotes devido a regras logísticas do processo de *Burn In* que ficam sem informação do plano de reprocessamento	Fluxo de reprocessamento não executado correctamente Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes	8		Regra logística em *Burn In* devida a limitação de capacidade de equipamento (fornos de *Burn In*)	3	Paragem do lote na linha de produção	4	96							
	Lotes incompletos sem data (ou com data errada) de produção	Impressão de etiquetas erradas Informação incorrecta em sistema Aumento de tempo de reprocessamentos dos lotes	7		Regra de sistema que elimina o atributo "semana de produção"	5	Verificação visual da marcação das unidades vs. sistema	4	140	Alteração da regra em sistema para lotes de reprocessamento	Ana Fernandes	28/02/08	7	2	4	56
							Label não é impressa	1	20							

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 8 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
	Unidades segregadas em TestM2/Sort não identificadas	Lotes de falhas podem ser eliminados físicamente	6		Não existe criação de lote de falhas em sistema	8	Seguimento do fluxo pelo QA	7	336	Identificação do lote das unidades de falhas com um plano de reprocessamento adicional Criação de um relatório de rastreabilidade de lotes de "unidades falhas" na operação TestM2/Sort	Ana Fernandes Ana Fernandes/ Miguel Teixeira	27/05/08 09/06/08	6	8	2	96
	Lote com *baunumber* de destino errado	Embalamento/ etiquetas incorrecto	7		Recalculo automático de *baunumber* de destino em MspPrep	4	Verificação do *baunumber* de destino com o definido no plano de reprocessamento	2	56							
	Lotes sem o atributo "restrito"	Possível mistura de lotes	8		Ajuste indevido da restrição *"lot restricted flag"* pela engenharia ou pelos operadores	2	n.a.	10	160	Criação de uma regra em sistema – e-mail automático sempre que o atributo *"lot resticted flag"* é retirado.	Nuno Alves	06/07/08	8	2	3	48

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN | DRIVER: Ana Fernandes | PAGE 9 OF 10

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves | FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.
Expedição dos lotes reprocessados para *back-ends* ou para os centros de distribuição	Expedição dos lotes reprocessados para *back-end* com a designação RETOU	Material não entra na linha de montagem de *back-end* Reclamação interna	8		Erro Humano - Não haver ajuste do atributo OWNER na operação de expedição	5	n.a.	9	360	Criação de uma regra automática no sistema informático dos *back-ends* que altere a designação de "RETOU" para "PROD" na fase de recepção do lote.	Miguel Teixeira/ Nuno Alves – on going	19/05/08				
	Não cumprimento das regras de expedição dos lotes para *back-end's*	Reclamação interna Aumento do tempo de reprocessamento dos lotes	8		Falha na regra de sistema	2	Paragem automática dos lotes (regra de sistema na operação de expedição)	6	96				8	2	4	64
		Material não é montado na linha de produção de *back-end*/módulos			Expedição de lotes sem validação do atributo "semana de produção"	3			144	Validação do atributo "semana de produção" antes do material entrar na linha (relatório MspStorage)	Miguel Teixeira/Ana Fernandes CW21					

FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

SCOPE: Processo de MRN

DRIVER: Ana Fernandes

MEMBERS: Rui Almeida, Miguel Teixeira, Juan Valdivia, Joaquim Coelho, Joel Geraldes, Nuno Alves

FMEA DATE (ORIG): 18 Fevereiro 2008

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	CLASS	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Data	Actions Results				
												Implementation Date	Sev	Occ	Det	R.P.N.

Legenda: MRN – Material Return Notification

LEW – Logistics Express Workflow

QA – Quality Assurance

PL – Planning Department

BO – Business Objects

Anexo C - Plano de Controlo de Processo (PCP) do processo de reprocessamento de memórias não-conformes na QPT

Produto: Memórias DRAM Não Conformes							Âmbito de aplicação (área): Processo de Reprocessamento de Memórias Não-conformes					
Nome do passo	Passo do processo	Máquina, instrumento, ferramenta de produção	Parâmetros de processo	Características do Produto	Classe	Especificação	Método de Avaliação	Frequência	Tamanho da Amostra / Critério de aceitação	Resp	Método de controlo	Reacção para situações fora de controlo
	Recepção dos Lotes no Armazém			Verificação do conteúdo das etiquetas		Documentação da área de armazém	Visual	Todos os lotes	Todas as bobines/ tabuleiros	PL_Wh	Team Room	Alertar responsável da área de recepção dos lotes via *e-mail*
				Verificação física do número de caixas recebidas vs documentação.		Documentação da área de armazém	Visual	Todos os lotes	Todas as bobines/ tabuleiros	PL_Wh	Team Room	Alertar responsável da área de recepção dos lotes via *e-mail*
				Verificação da quantidade física do lote pelos operadores na linha de produção		Lot traveller Plano de reprocessamento	Visual	Todos os lotes	100%	MSP	Operator Work Space (OWS)	- Parar a produção do lote e deixar à atenção da qualidade. Enviar *e-mail* a reportar a situação
	Criação do novo lote em sistema		Verificação após criação do lote em sistema de: - número do lote -quantidade criada; -*baunumber* produtivo; - cópia da lista de *front-end* lote - atributo			Informação do inventário de recepção dos lotes realizado pelo elemento do armazém Ficheiro RCP	Visual (sistema)	Todos os lotes RETOU	-	PL_PCL	Ficheiro "RCP's to MRN's"	- Parar a produção do lote e deixar à atenção da qualidade. Preencher o QMPor. - Enviar *e-mail* para o elemento da qualidade a reportar a situação

Produto: Memórias DRAM Não Conformes							Âmbito de aplicação (área): Processo de Reprocessamento de Memórias Não-conformes					
Nome do passo	Passo do processo	Máquina, instrumento, ferramenta de produção	Parâmetros de processo	Características do Produto	Classe	Especificação	Método de Avaliação	Frequência	Tamanho da Amostra / Critério de aceitação	Resp	Método de controlo	Reacção para situações fora de controlo
			"semana de produção"									
	Definição do plano de reprocessamento		Verificação do fluxo de reprocessamento na linha pela qualidade.			Plano de reprocessamento	Visual (sistema)	Todos os lotes RETOU	Todos os lotes RETOU	QM	OWS	- Parar a produção do lote e deixar à atenção da qualidade. Preencher o QMPor.
	Execução do plano de reprocessamento		Verificação física da localização dos lotes no elevador de transporte pelos operadores da linha de produção			Comunicação via *e-mail* para a linha a cada MRN	Visual	Todos os lotes RETOU	Todos os lotes RETOU	MSP	Elevador de transporte	- Enviar um *e-mail* para o elemento da qualidade e do armazém a reportar a situação
			Verificação do fluxo de reprocessamento na linha pela qualidade.			Registos informáticos da historia do lote (OWS)	Sistema	Todos os lotes RETOU	Todos os lotes RETOU	QM	Relatório diário dos lotes RETOU	- Ajustar o lote para a operação/sequência de operações correcta
			Verificação do *baunumber* de destino com o definido no plano de reprocessamento			Plano de reprocessamento	Visual (etiquetas impressas) Sistema	Todos os lotes RETOU	Todos os lotes RETOU	MSP QM	Lot Traveller	- Parar a produção do lote e deixar à atenção da qualidade. Preencher o QMPor.

Anexo D – Formação dada aos operadores da linha de produção para processar lotes incompletos após separação do lote com quantidade completa.

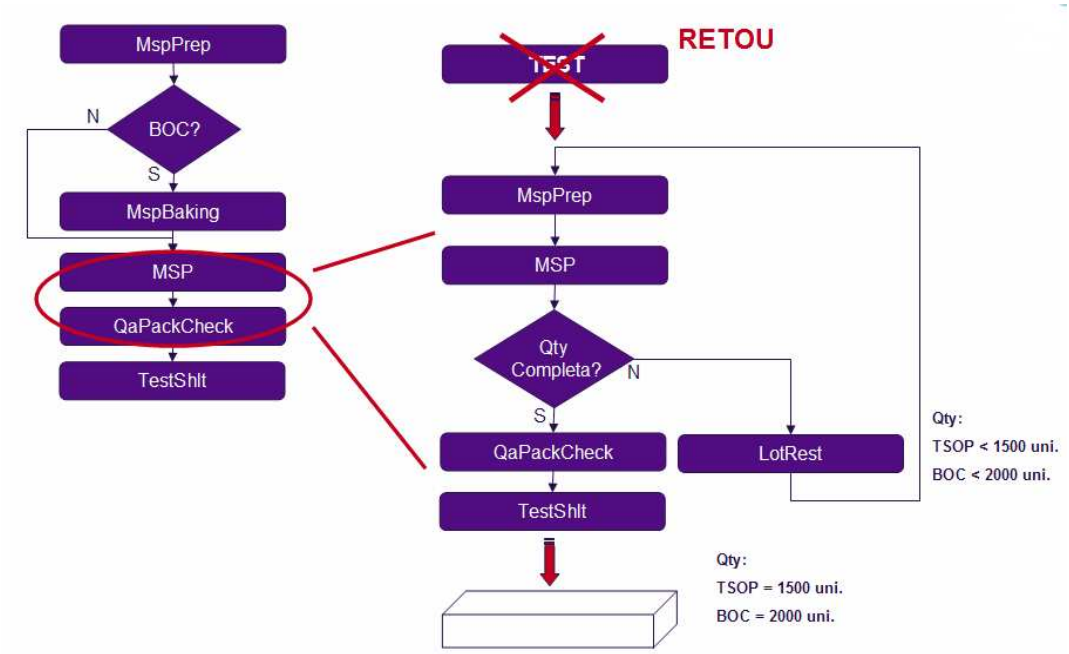

Figura 20 – Processo logístico de MSP.

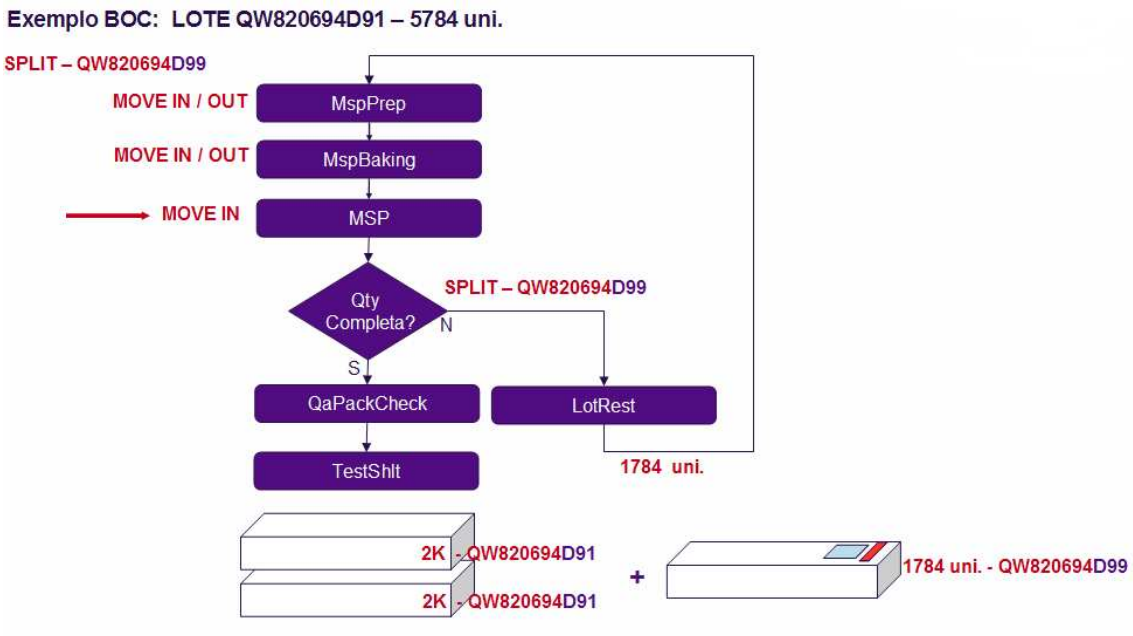

Figura 21 – Procedimento implementado para processamento imediato de lotes de quantidades incompletas.